This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

**A propos de ce livre**

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

**Consignes d'utilisation**

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

**À propos du service Google Recherche de Livres**

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

A 757,212

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN · LIBRARIES · 1817

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES 1817

# DU RHÔNE

ET

# DU LAC DE GENÈVE.

# OUVRAGES DE L'AUTEUR.

TRAITÉ DE LA GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE, 1 vol. in-4°; avec atlas de 67 planches, aussi in-4°. 2e édition.

TRAITÉ DE LA SCIENCE DU DESSIN, 1 vol. in-4°; avec atlas de 56 planches, aussi in-4°. 2e édition.

TRAITÉ DE LA COUPE DES PIERRES, 1 vol. in-4o. Cet ouvrage sera composé de 10 livres; deux seulement sont publiés.

LETTRE *à M. Urbain Sartoris.*

MÉMOIRE *sur les réservoirs d'alimentation des canaux*, extrait revu et corrigé des *Annales des ponts et chaussées.*

EXPOSÉ GÉNÉRAL *des études faites pour le tracé des chemins de fer de Paris en Belgique et en Angleterre et d'Angleterre en Belgique*, 1 vol. grand in-4°, avec 4 planches, publié par l'administration des ponts et chaussées.

Une suite d'écrits sur l'économie politique des travaux publics, savoir :

N° 1. AMÉLIORATIONS *à introduire dans les ponts et chaussées* (1839).

N° 2. DE L'ALIÉNATION *des canaux* (1839).

N° 3. DES VOIES DE COMMUNICATION *considérées sous le point de vue de l'intérêt public* (1836).

N° 4. Concession *des chemins de fer de Paris en Belgique* (1837).

N° 5. De trois lois *à faire sur les travaux publics* (1838).

Du Rhône et du lac de Genève, *ou des grands travaux à exécuter pour la navigation du Léman à la mer*, 1 vol. in-8°, avec 1 planche.

Théorie de l'œil. Cet ouvrage se composera de cinq mémoires, et chaque mémoire de 2 livres.

*Le premier Mémoire*, dont l'Académie des sciences a ordonné l'insertion dans le *Recueil des savants étrangers*, contient, 1° dans le livre Ier, la description de l'œil, la recherche des rayons de courbure de ses surfaces réfringentes, celle des écartements de ces surfaces, et celle des indices de réfraction, pour les rayons blanc, rouge et violet, des différents milieux qu'elles séparent; 2° dans le livre II, pour les deux yeux décrits par le Dr Krause, et pour deux autres yeux, les calculs relatifs à la position des foyers et à la grandeur des images blanches et irisées correspondantes à un point rayonnant plus ou moins éloigné, dans le cas du globe oculaire invariable de forme et de l'humeur vitrée homogène, ce qui conduit à juger des imperfections de la théorie admise. Ce mémoire est accompagné de 22 figures.

*Le deuxième Mémoire* contient les livres III et IV. Il est renvoyé par l'Académie des sciences à la Commission qui a examiné le premier. Dans le livre III, on s'occupe de la nature de l'humeur vitrée; de ce qui concerne *l'optomètre* et *l'optochromomètre*, et des expériences de l'auteur sur les lois géométriques auxquelles se trouve soumise la perspective qui se forme sur le fond de l'œil. Le livre IV contient la théorie des images réfléchies et réfractées, appuyée d'expériences nouvelles. Ce deuxième Mémoire est accompagné de 51 figures.

*Le troisième Mémoire*, composé des livres V et VI, est renvoyé à l'examen d'une Commission particulière. Dans le livre V, on compose l'œil *à priori*, en supposant l'humeur vitrée homogène et en donnant au cristallin jusqu'à 10 surfaces réfringentes. On est conduit, avec une rigueur que ne présente pas le livre II, à repousser la théorie qui admet l'homogénéité de l'humeur vitrée. Dans le livre VI, cette humeur est divisée en couches; on obtient deux moyens d'achromatisme, et on calcule tout ce qui concerne l'allongement de l'œil, le déplace-

ment du cristallin et la diminution de courbûre de la cornée pour que l'œil satisfasse aux besoins de la vision. On fait voir qu'avec des déformations extrêmement petites de l'organe, l'image est nette pour toutes les distances. Ce troisième Mémoire, qui sera le plus utile, est accompagné de 15 figures.

*Le quatrième Mémoire* comprend les livres VII et VIII. Dans le livre VII, on considère l'œil myope, presbyte, à portées diverses, mort, en repos, ajusté pour voir à de grandes distances, ajusté pour voir à la distance de la vision distincte et modifié dans ses formes par l'action des muscles droits et obliques, par l'action de l'iris et par des dispositions particulières de ce dernier organe. Le livre VIII a pour objet la nature géométrique des surfaces qui forment l'œil et les conditions qui lient entre elles ces surfaces. Ce quatrième Mémoire présentera de l'intérêt, ainsi que le précédent, sous le rapport de la Ténotomie.

Enfin, dans *le cinquième Mémoire*, on s'occupe de l'éducation de l'œil, de la vision avec deux yeux, des causes de la visibilité, etc.

Si les rapports relatifs aux deuxième et troisième Mémoires sont faits prochainement à l'Académie, ces Mémoires seront publiés cette année. Quant au premier Mémoire, l'auteur se propose de le mettre sous presse dans le mois d'août prochain.

PARIS.—IMPRIMERIE DE FAIN ET THUNOT,
IMPRIMEURS DE L'UNIVERSITÉ ROYALE DE FRANCE,
Rue Racine, n° 28, près de l'Odéon.

# DU RHÔNE

ET

# DU LAC DE GENÈVE

OU

## DES GRANDS TRAVAUX A EXÉCUTER

## POUR LA NAVIGATION DU LÉMAN A LA MER.

PAR L.-L. VALLÉE,

OFFICIER DE LA LÉGION D'HONNEUR, ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
INSPECTEUR DIVISIONNAIRE DES PONTS ET CHAUSSÉES, ETC.

« Le lac de Genève, quant à l'emmagasinement d'une réserve
» d'eau, sera le grenier d'abondance du Rhône. »
(*Chapitre I*, § 2, *page* 8)

« Les lacs peuvent être d'un grand secours pour améliorer le
» régime des fleuves. »
(*Chap. X*, § 60, *page* 245, *dernière phrase de ce livre*)

PARIS.

LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE-INDUSTRIELLE
De L. MATHIAS (Augustin),
QUAI MALAQUAIS, 15.

1843.

Transportation
Library

1187
navigation.

# AVANT-PROPOS.

L'idée d'utiliser le lac de Genève comme réservoir alimentaire du Rhône ne date que de deux à trois ans. Elle est simple et féconde, et l'on peut dire qu'elle est venue bien tard.

Il est présumable que si elle avait surgi sous l'empire, époque où Genève nous appartenait, elle aurait été mise à exécution ; car elle est réalisable à peu de frais. Non-seulement on lui devrait une meilleure navigation du Rhône, mais elle aurait été utile sous le rapport politique, en resserrant les liens qui unissent la Suisse, la Savoie et la France.

Aussi le public, par un sentiment assez exact des choses, a-t-il accueilli notre projet; toutefois, ce projet a été fort mal apprécié par le côté pratique. Lyon et Genève, par exemple, les deux villes qu'il intéresse le plus, n'ont pas compris ses rapports avec leur avenir. Il assure à la première des améliorations fluviales qu'aucun autre travail ne peut procurer ; il assure à la seconde, sous peu d'années, des communications à défaut desquelles on la verrait déchoir ;

et cependant on semble ignorer absolument, à Lyon comme en Suisse, que le lac de Genève renferme en lui de si heureux éléments de prospérité.

Nous avions cru d'abord que notre idée une fois émise marcherait d'elle même. Le Conseil des ponts et chaussées l'avait appréciée dans la séance du 18 août 1841. Une note adressée à M. Arago, et communiquée à l'Académie des sciences, avait mis les hommes de l'art à même de la juger. Nous n'avions par nous-même ni le temps ni les moyens de faire, avec une certaine promptitude, les opérations nécessaires à la rédaction d'un avant-projet: nous laissions donc à d'autres le soin de poursuivre et d'achever l'œuvre.

Depuis lors, il s'est écoulé plus de deux ans, et pour la France, qui a besoin de progrès, ce sont deux ans perdus en ce qui concerne les améliorations que nous proposons pour le Rhône.

Cependant, à mesure que notre inspection annuelle venait nous fournir de nouveaux faits, nos premières idées prenaient du développement. Mais d'autres objets d'étude occupant avec prédilection nos loisirs, nous ne serions sûrement pas revenu à la question du lac de Genève sans les circonstances qu'on va voir.

Ce lac, ainsi que plusieurs autres, présente de

temps en temps à sa surface des oscillations singulières auxquelles on a donné le nom de *seiches*. Nous avions trouvé, en 1841, une manière d'expliquer ces oscillations, au moyen de lacs souterrains communiquant avec le Léman et avec les glaciers : toutefois, l'opinion d'un de nos savants les plus illustres se trouvant opposée à notre explication, nous ne nous occupions plus des seiches, lorsque nous reçûmes à Genève, en juillet dernier, des renseignements sur les courants du lac appelés *ladières*, et sur divers autres phénomènes. Ces divers phénomènes nous parurent s'expliquer par notre théorie; elle excita de nouveau nos réflexions, et elle nous intéressa d'autant plus que, en la supposant vraie, la surface du réservoir de Genève se trouvait augmentée de celle des lacs souterrains, ce qui permettait un plus fort emmagasinement d'eau, et ce qui rendait le réservoir plus utile au Rhône.

Revenu ainsi à la question du lac de Genève, et pressé par plusieurs de nos amis, nous nous sommes décidé à faire sur cette question un écrit assez détaillé pour qu'elle fût bien comprise. C'est cet écrit que nous présentons.

Il prouvera que de toutes les communes que baignent les eaux du Rhône, depuis le Valais jusqu'à la mer, pas une ne souffrirait de l'exécution de nos

projets ; que, au contraire, toutes ces communes éprouveraient de l'avantage, et que celles du pourtour du lac, notamment, redouteraient moins, ou plutôt cesseraient à peu près entièrement de redouter les hautes eaux. Ce sont des vérités bien établies, et il importe sans doute que cet écrit, par les efforts du gouvernement, de la ville de Lyon et de celle de Genève, répande ces vérités en Suisse, en Savoie et tout le long du Rhône.

Quant à la navigation de ce fleuve, elle nous a beaucoup occupé, et nous exposons d'une manière générale la théorie qu'il faut appliquer pour qu'elle prenne tout le développement que réclame notre prospérité.

Au nombre des projets que nous avons examinés dans ce livre se trouve celui d'un ouvrage particulier qui paraîtra sûrement bien remarquable. C'est un système de barrages proposés par M. l'ingénieur en chef des ponts et chaussées O'Brien, entre Genève et Seyssel, à Malpertuis, pour joindre les navigations déjà très-actives du Léman et du Rhône. Ces barrages, par l'importance de la jonction projetée, nous semblent mériter une sérieuse attention. Les difficultés graves qu'ils présentent ne pourront être sainement appréciées qu'après une étude approfondie ; mais, ce qui est certain, c'est que ces difficul-

tés s'amoindriront beaucoup par l'exécution du réservoir de Genève.

Ce réservoir, suivant nous, sera donc utile sous bien des rapports. Et comme les avantages donnés au transport, sur un fleuve très-fréquenté, se trouvent multipliés par un chiffre de tonnage fort élevé, aucune des améliorations dont il s'agit ici ne doit être négligée, les plus petites même devenant considérables par l'importance en quelque sorte continentale du Rhône.

Cette grande importance est justifiée par des faits statistiques dans un écrit imprimé tout récemment sous ce titre : *Mémoire sur l'état actuel de la navigation du Rhône*, par M. Bouvier, ingénieur en chef directeur des ponts et chaussées, et par M. Surell, ingénieur ordinaire. C'est un travail daté d'Avignon le 8 février dernier, et rédigé comme pièce à l'appui d'un projet de travaux, montant à 25 millions, à exécuter de Lyon à la mer. On trouve dans ce travail, relativement à la navigation du grand Rhône :

Que les transports opérés au moyen de cette navigation sont pour le commerce un objet de dépense de huit millions et demi par an (page 80);

Que le mouvement annuel de la circulation en marchandises est de 345 mille tonnes (page 108);

Que le nombre des voyageurs transportés par les bateaux à vapeur, lequel en 1838 était de 25,223, s'est accru chaque année, et qu'il a été en 1841 de 68,695 (page 106);

Et que le mouvement actuel est du quart environ de celui qui s'effectuait avant 1828, en une année, sur toutes les rivières et sur tous les canaux de France (page 108).

Le mémoire de MM. Bouvier et Surell confirme, comme on le voit, quant à l'importance du Rhône, tout ce que nous avons avancé. Il nous est utile sous plusieurs autres rapports.

Ainsi, il fait voir que nos données, en général, ont été choisies d'une manière plutôt défavorable que favorable aux résultats que nous cherchions.

Il montre aussi que la durée des chômages annuels n'est que de 45 jours, ainsi que nous l'avons dit page 59, mais sans que nous ayons été assez sûr de ce chiffre pour y subordonner nos appréciations. Or, comme la réserve d'un milliard de mètres cubes d'eau permet de doubler le produit du Rhône à Lyon pendant 67 jours, il se trouve établi que le volume de notre réserve, comparé aux besoins, est d'une très-grande richesse.

Il est bien constant encore, d'après MM. Bouvier

et Surell, que les jours de chômage se distribuent dans plusieurs saisons, ce qui donne la certitude de remplacer dans la réserve, d'une époque de chômage à une autre, une assez notable partie de l'eau déjà dépensée.

Il n'est pas douteux, d'après cela, qu'avec la hauteur de retenue de $1^m.67$ on n'ait une masse d'eau disponible qui permette, non pas seulement de doubler le produit d'étiage du Rhône à Lyon, mais de l'augmenter, si on le veut, d'une fois et demie sa valeur actuelle.

Nous nous trouvons heureux de ce que, au moment de notre publication, nos conjectures, qui étaient d'ailleurs soutenues de raisons assez fortes, se trouvent de plus appuyées par le travail de deux ingénieurs dont l'un connaît le Rhône depuis très-longtemps.

Notre ouvrage appuiera aussi la conclusion de leur mémoire touchant le vote d'une allocation de fonds pour ce fleuve.

On verra qu'avec cette allocation, et en exécutant nos projets, on est sûr d'avoir :

1° Un tirant d'eau plus considérable, et qu'on pourra porter probablement à deux mètres ;

2° Un thalweg moins changeant, qui permettra de naviguer plus tard le soir, plus tôt le matin, et avec moins de difficulté dans les temps de brouillard. Peut-être même la fixité du thalweg permettra-t-elle, du moins dans beaucoup de cas, de naviguer la nuit;

3° Un halage plus commode, puisqu'il s'opérera près d'un thalweg plus constant;

4° Une navigation moins souvent interrompue dans les crues, tant par l'augmentation de fixité du thalweg, ce qui produira l'approfondissement du lit, qu'à cause de la possibilité de retenir à Genève une partie des eaux du Rhône;

5° Des entretiens plus faciles, parce que les dégradations ne se porteront pas sur des points constamment variables, ce qui menait à fortifier les berges partout;

6° Des inondations moins fortes, ce qui sera d'un grand avantage pour les propriétés riveraines et pour la conservation des ponts, des levées, etc.

Et si l'on voulait se borner au tirant d'eau de 1m.20, proposé par M. Bouvier, on aurait tout à la fois des avantages plus grands que ceux qu'il peut

obtenir, et de beaucoup moins fortes sommes à dépenser.

C'est ce qu'on trouvera pleinement justifié dans cet ouvrage.

Pour qu'il fût plus clair et d'une lecture plus facile, nous nous étions proposé d'aller à Lyon puiser des renseignements avant de commencer l'impression; mais nous avons renoncé à ce voyage. Il nous a paru que, dans une question si opportune et d'un si grand intérêt, nous devions négliger quelques détails, d'ailleurs peu essentiels, et presser notre publication, afin que les ouvrages dont il faut doter le Rhône soient ajournés le moins possible.

Ces ouvrages, et notamment celui de Genève, ont de plus en plus excité notre intérêt, et sans cela peut-être n'aurions-nous pas achevé ce livre. Il a été entrepris avec des données incohérentes, qui nous ont souvent jeté dans des détails numériques très-fatigants; notre cadre avait été fait pour le cas de renseignements plus circonstanciés que ceux auxquels nous avons dû nous borner, et tout cela nous a conduit à laisser beaucoup de vague dans certains paragraphes, et à faire figurer dans d'autres des chiffres hypothétiques qui ne peuvent servir que comme exemples et comme éclaircissements. Or, le

meilleur moyen de parer à ces inconvénients, dans l'intérêt du livre, c'était de l'ajourner.

Il nous semble toutefois qu'il atteindra le but que nous nous sommes proposé, et qui consiste principalement dans l'exécution du barrage du lac de Genève.

# DU RHÔNE

ET

# DU LAC DE GENÈVE.

## CHAPITRE Ier.

### CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES RELATIVES AU BASSIN DU RHÔNE ET AU RHÔNE.

### § 1er.

**Sur la configuration du bassin du Rhône, sur le déboisement et sur les endiguements dans ce bassin.**

Si l'on examine le bassin du Rhône, et si on le rapporte à la ligne droite, prolongée au nord, que présente ce fleuve de Lyon à la mer, on voit qu'elle laisse à l'est toutes les sources des principaux affluents, la Saône, le Doubs, l'Ain, le Rhône, l'Arve, l'Isère, la Drôme, la Durance, et que cette ligne droite est tout à fait sur le côté occidental du bassin, ne lais-

sant sur ce côté que le Gard, l'Ardèche et de faibles cours d'eau.

Or, il résulte de cette disposition que le produit du Rhône, dans les grandes eaux, est plus fort que ne le fait supposer l'étendue de son bassin. En effet, pour un grand fleuve, enfermé nécessairement par de hautes chaînes de montagnes, les vents qui donnent des pluies et produisent la fonte des neiges, ne sont pas les mêmes pour une rive et pour l'autre, de telle sorte que si le fleuve divise son bassin en deux parties à peu près égales, les eaux des crues ne proviennent d'ordinaire que d'une moitié de la superficie du bassin, tandis que pour le Rhône elles proviennent de la presque totalité de cette superficie.

Il faut considérer encore que les grands affluents, depuis Besançon jusqu'à la mer, descendent des montagnes du Jura et des Alpes, qui sont exposées au couchant. Dès les premiers froids de l'automne, il s'accumule des masses de neige immenses dans ces montagnes, et s'il survient un vent de S.-O., toujours chaud et pluvieux, tous les grands affluents donnent abondamment.

Plusieurs de ces grands affluents, la Saône,

le Doubs et l'Isère, ayant d'ailleurs des parcours à peu près égaux, leurs grosses eaux arrivent en même temps à l'embouchure du fleuve, ce qui, dans le bas Rhône, rend les inondations très-désastreuses.

Autrefois, les sommets de montagnes étaient presque partout couverts de bois, de bruyères, de genêts, qui naissaient et périssaient dans la même place; les eaux pluviales et les neiges fondues s'arrêtaient dans une surface ombragée revêtue d'herbes et de détritus; le terrain s'imbibait peu à peu, et les eaux n'arrivaient que lentement dans les ruisseaux et les rivières. Aujourd'hui, c'est bien différent; on cultive tous les lieux qui sont accessibles et qui peuvent donner quelque produit; les eaux en humectant le sol fraîchement remué lui donnent promptement une surface compacte; elles glissent ensuite sur cette surface, et elles arrivent avec rapidité dans les vallées inférieures. De là encore des désastres dans les inondations, surtout quand les terrains, comme ceux des chaînes de montagnes du bassin du Rhône, présentent de grandes déclivités.

A ces causes il faut ajouter que beaucoup de rivières sont actuellement endiguées; l'Isère

l'est presque partout, en Savoie comme en France; le Drac, la Romanche, la Gresse, le grand Buech, le petit Buech, la Durance, etc., le sont aussi en grande partie. Et comme un des objets de l'endiguement est de conquérir des terrains qui sont en général d'une très-bonne qualité, on ne laisse au courant que le strict nécessaire, et on le dirige par le plus court chemin. Les eaux dans les inondations ont en conséquence de grandes pentes, des sections étroites et une grande vitesse. Elles arrivent donc promptement et presque ensemble au bas de la vallée du Rhône; et les nombreux réceptacles où elles se logeaient en partie étant soustraits par des digues à leur envahissement, leur masse est plus considérable (*V.* la note 1).

L'agriculture s'est enrichie par ces changements; des terrains improductifs il y a un siècle sont maintenant couverts de céréales, ou nourrissent de nombreux troupeaux, et les plages désertes qui ne présentaient à l'œil que les débris déposés par les rivières à la suite des crues donnent d'abondantes récoltes. Mais ces progrès ne se sont pas accomplis pour le mieux. On a déboisé des pentes trop rapides, où le sol est emporté dans des lits de

rivière qu'il encombre, où la culture n'a jamais été possible, et où jamais elle ne le sera, les rochers à la fin devant être mis à nu par la corrosion des eaux.

En général, on a certainement, par les déboisements, les défrichements et les endiguements, amélioré, momentanément au moins, le sort des populations moyennement élevées dans le bassin (*V.* la note 2); mais les sommités sont dénudées par l'entraînement des terres, et le fond des vallées le long du Rhône, et surtout du bas Rhône, souffrent des accroissements qui se font remarquer dans la hauteur des inondations.

La navigation comme on le conçoit est aussi plus ou moins en butte à ces changements. On devrait donc les étudier soigneusement (*a*), calculer leurs avantages, prévoir leurs inconvénients, et faire à l'avance les ouvrages nécessaires pour préserver les contrées qui doivent souffrir. Il faut avouer qu'à cet égard on est encore bien en retard (*V.* la note 3).

---

(*a*) M. l'ingénieur des ponts et chaussées Surell, dans son ouvrage intitulé : *Étude sur les torrents des Hautes-Alpes*, a donné un bel exemple du travail qu'il s'agirait de faire.

Mais, en ce qui concerne les transports par eau, nous sommes en grand progrès. Toutefois, ce progrès tient plutôt à l'emploi de la vapeur, qu'à la bonne direction donnée aux travaux hydrauliques du bassin du Rhône : nous allons tâcher de faire faire quelques pas à ces derniers.

---

## § 2.

### Du lac de Genève ; de son action sur les divers états des eaux du Rhône, et des lacs du Bourget et d'Annecy.

Les sources du Rhône sont celles de tout le bassin de ce fleuve qui sont les plus éloignées de la mer. Sous ce rapport, elles devraient arriver à la partie inférieure du bassin quand le mal des inondations est déjà très-grand et le porter au comble. Heureusement il n'en est pas ainsi, et cela tient, comme on va le voir, à l'existence du lac de Genève.

La superficie de ce lac est de 600 millions de mètres carrés (*b*). Si l'on imagine qu'il re-

---

(*b*) On trouve dans divers livres que cette superficie est de 30 lieues de 25 au degré, ce qui fait 592 millions de mètres

çoive instantanément autant d'eau, par exemple, qu'il en passe à Lyon dans les grandes inondations, et pendant une durée de deux heures, qui est à peu près celle d'un fort orage, le volume d'eau reçu à raison de 5000 mètres par seconde (*V.* le § 24), sera de 36 millions de mètres cubes, et ce volume réparti sur la surface entière de 600 millions de mètres carrés* n'élèvera les eaux que de six centimètres. D'où il suit que cette immense masse d'eau, jetée dans le lac en un instant, n'augmenterait que d'une manière presque insensible le produit du Rhône à Genève.

Il résulte de cette propriété que le Léman se gonfle en été par les eaux qui proviennent de la fonte des neiges et des glaces. Son niveau s'élève graduellement, et d'après les observations de 32 années, de 1806 à 1837, inclusivement, il atteint son maximum du 16 juillet au 29 septembre, et son minimum du 18 décembre au 3 mai. En moyenne les eaux sont

---

carrés; la carte de Raymond donne 602 millions. Les belles cartes dressées récemment sous la direction de M. le colonel Dufour fourniront le moyen de calculer ce chiffre avec beaucoup d'exactitude.

au plus haut le 14 août, et au plus bas le 7 mars. La montée s'opère, d'après cela, en 5 mois et 9 jours, et la descente en 6 mois et 26 jours.

La différence de volume du lac, du plus bas étiage aux plus hautes eaux, est de 1770 millions de mètres cubes (*V.* le § 13). Il livre ce volume d'eau peu à peu au Rhône à des époques où ce fleuve, sans cet utile secours, serait à l'étiage ou très-près de l'étiage.

Aussi n'a-t-on presque jamais sur le Rhône plus de trois mois pendant lesquels la navigation chôme, tandis que sur la Loire, qui n'a pas sur son cours un lac semblable au Léman, il n'y a peut-être pas, année moyenne, trois mois ni même deux mois de bonne navigation. Cet avantage naturel, l'art, comme nous le verrons chapitre III et chapitre V, peut l'étendre beaucoup, et le lac de Genève, quant à l'emmagasinement d'une réserve d'eau, sera le grenier d'abondance du Rhône (*V.* les notes 4, 5, 6 et 7).

Le Léman présente encore un autre avantage, c'est qu'il épure les eaux qui lui arrivent des montagnes, et qui sont d'autant plus chargées de pierre, de terre et de sable que les terrains qu'elles ont parcourus ont des pentes plus

rapides. Toutes ces substances se déposent aux embouchures des affluents du lac, et comme sa profondeur est très-grande (*c*) elles ne l'encombrent pas sensiblement, si ce n'est pourtant auprès de Villeneuve, à l'endroit où le Rhône descendant du Valais entre dans le lac. On remarque là, dans la vallée du fleuve, des terrains bas qui s'accroissent peu à peu, mais qui n'ont encore envahi qu'un espace bien petit, en comparaison de la surface entière du lac.

Du côté de Genève les profondeurs se maintiennent les mêmes, en voici la preuve. Le fond est argileux et couvert d'un sable blanc très-fin : or, la partie argileuse est invariable ; donc si le lac s'exhaussait, ce ne pourrait être que par l'augmentation d'épaisseur de la couche de sable. Mais on a appris, en faisant détruire à Genève les pierres erratiques autrefois consacrées à Neptune, appelées *pierres de Niton*, lesquelles étaient dangereuses pour les bateaux, que ces pierres, dont deux seulement ont été conservées, reposaient sur l'argile, et que la couche de sable qu'elles pénétraient

(*c*) La partie la plus profonde est près de l'origine du lac ; elle présente en quelques points plus de 300 mètres d'eau.

n'était épaisse que d'environ 30 centimètres (*d*). D'où il suit que la masse de ce sable, qui est probablement apporté dans le lac par les vents, ne s'accroît qu'avec une extrême lenteur.

On peut donc dire que le lac de Genève se conservera longtemps à peu près tel qu'il est. C'est une vérité qu'il était bon d'établir, à cause du parti que l'on en peut tirer comme réservoir (*V.* le § 18). Il est bien navigable. Les bateaux ordinaires qui le sillonnent en tous sens remontent le Rhône à quelques lieues dans le Valais. Deux bateaux à vapeur vont chaque jour d'un bout à l'autre du lac et reviennent à Genève et à Villeneuve, qui sont les points de départ.

Nous examinerons (ch. II) plusieurs phénomènes que présente le Léman, et nous reviendrons (§ 13) sur ses variations de hauteur.

Les lacs du Bourget et d'Annecy agissent comme celui de Genève; ils concourent avec ce dernier à l'amélioration du Rhône : mais les volumes d'eau qui s'y accumulent lors de la

(*d*) Nous tenons ces faits de M. Junod, architecte à Genève : c'est lui qui a fait faire l'enlèvement des pierres dont il vient d'être question.

fonte des neiges n'étant que de 36 et 26 millions de mètres, leur participation dans le résultat est très-peu considérable, d'autant que leurs variations de hauteur ne sont guère, en moyenne, que de $1^m.60$ pour le premier et $0^m.70$ pour le second.

---

## § 3.

### Du Rhône entre le lac de Genève et Seyssel.

Le Rhône n'est pas navigable dans Genève; les ponts, qui sont très-bas, et dont les hauteurs se coordonnent avec celles des quais, s'opposent absolument au passage des bateaux; mais, ainsi qu'on le verra plus loin (§ 34), on peut faire un canal au nord de la ville, dans le fossé des fortifications.

Au-dessous de Genève et jusqu'au territoire français, il y a deux points, le moulin d'Evaux et Cartigny, où ce fleuve ne présente à l'étiage que $0^m.75$ de profondeur. Partout ailleurs le tirant d'eau excède un mètre.

Sur la même étendue il y a des vitesses, savoir : au moulin d'Evaux de 3 mètres; au

moulin des Chèvres de $3^m.17$; en aval de ce moulin $3^m.41$; à l'amont du moulin de Peney $3^m.08$; à l'embouchure de la London $4^m.11$; à la roche d'Avussi $3^m.40$. Les autres vitesses n'excèdent pas $2^m.64$, et celles qui précèdent ayant lieu entre des parties qui n'ont que très-peu de pente, il est possible de les réduire à $2^m.25$; $1^m.71$; $1^m.94$; $2^m.29$; $1^m.97$ et $1^m.52$, sans faire de grandes dépenses. C'est ce qui résulte d'un travail fait avec beaucoup de soin par MM. Dufour, Colladon et Delarive. M. Colladon a eu la bonté de nous donner à Genève communication de ce travail.

Le fleuve change d'aspect à sa sortie de la Suisse, et à partir de Léaz il se rétrécit de plus en plus (*e*). En arrivant à Bellegarde il n'a que 16 à 18 mètres de largeur. Là, autrefois, il coulait en basses eaux sous un banc de rocher, et c'est ce qu'on appelait la *perte du Rhône*. La Savoie, à laquelle appartient la rive gauche, a fait ouvrir ce rocher, enfin de faciliter le flottage : la perte, dont la longueur était d'environ 60 mètres, n'existe plus.

---

(*e*) *V.* l'*Histoire de la navigation intérieure de la France*, par M. Dutens, tome II, page 104.

De Bellegarde au Creux-du-Paradis, sur la longueur de près de 8 kilomètres, le fleuve coule entre des talus de roches très-irrégulières ; ses eaux sont à une centaine de mètres au-dessous des plateaux, et elles sont presque partout inabordables. Sur la commune de Génissiat, en plusieurs endroits, éloignés de 100 à 150 mètres les uns des autres, le lit est extrêmement resserré, et dans l'un de ces endroits il n'a que 13 à 14 mètres de largeur. On donne à cet endroit le nom de *Malpertuis* ; il est à 7 ou 800 mètres au-dessus du Creux-du-Paradis.

Les bateaux à vapeur peuvent remonter jusqu'à ce dernier point ; mais comme il est environné de talus presque inaccessibles, la navigation s'arrête au Parc, qui est à 2 ou 3 kilomètres plus bas, et à 8 environ au-dessus de Seyssel. Il est donc impossible aujourd'hui de naviguer entre Léaz et le Creux-du-Paradis. La longueur de la partie impraticable est de 14,160 mètres. Mais le flottage se fait sur cette partie. En deçà et au delà les pentes et les vitesses du fleuve permettent la circulation des bateaux à vapeur.

---

## § 4.

### Du Rhône entre Seyssel et la mer.

Le Rhône, fort encaissé depuis Bellegarde jusqu'au Parc, cesse de l'être, au-dessous de Seyssel, en arrivant aux plaines de Culloz, plaines qui sont fréquemment inondées et dans lesquelles son lit très-variable est composé souvent de 15 à 20 bras.

Au-dessous de ces plaines, il se rétrécit de nouveau jusqu'à Pierre-Châtel. En quelques endroits sa largeur n'est que de 25 à 30 mètres, et sur de grandes longueurs il coule entre des rochers à pic.

Un peu plus bas que Pierre-Châtel on trouve le Guiers, qui sépare la Savoie de la France. A partir du confluent du Guiers, les deux rives du Rhône nous appartiennent.

A Cordon, un peu au-dessous de ce confluent, commencent les plaines de Chaffard, dans lesquelles les inondations causent de grands désastres. Au delà de Chaffard le Rhône a ses eaux presque partout réunies dans un seul bras, contenu entre des coteaux très-riants. A Villebois, il coule dans les bancs

de roche calcaire qui fournissent à Lyon la pierre d'une belle et rare qualité en usage dans cette ville.

Un peu plus bas, il présente à l'étiage, sur un banc de la même pierre, une petite cataracte, dont la pente est de 1$^{m}$.80 sur 100 ou 200 mètres de longueur. Cette cataracte, nommée le *Sault du Rhône*, disparaît entièrement dans les moyennes crues, et à plus forte raison dans les grandes eaux (*f*).

Au-dessus du Sault, le Rhône, sur une longueur de 7 à 8 kilomètres, est fort beau; il n'a dans cette partie que peu de pente et peu de vitesse. Au delà on trouve l'Ain, et puis les plaines de Miribel, qui sont submergées à chaque crue, et dans lesquelles le Rhône a quelquefois 25 à 30 bras. Le terrain de ces plaines est d'une excellente qualité, mais il n'est pas cultivé, parce que les inondations sont trop menaçantes pour qu'on puisse raisonnablement espérer de récolter.

Des plaines de Miribel on aperçoit Lyon. C'est de cette ville que partent les bateaux à

---

(*f*) On verra dans le § 57 quels sont les travaux qu'il paraît utile de faire en ce point.

vapeur, au nombre déjà de cinquante-cinq, qui transportent les marchandises et les voyageurs de la France, de l'Allemagne, de la Suisse et de la Savoie à la mer. Lyon, la seconde ville de France, est la métropole du Rhône : chez elle se répercutent, comme en un centre vital, tous les événements qui surviennent dans le bassin de notre grand fleuve. C'est là qu'il faut se placer pour connaître les besoins des commerçants, les difficultés de la navigation, les désastres des grandes eaux, les travaux propres à assurer la prospérité du pays. C'est de là qu'on se porte le plus aisément sur chaque point à examiner.

En un mot Lyon est le point où toute administration relative au Rhône ou au bassin du Rhône doit avoir son siége, non pas seulement parce que c'est le point le plus central, mais aussi parce que c'est un point commun à trois lignes, la Saône, le haut Rhône ou *petit Rhône* et le *grand Rhône* ou bas Rhône, qui sont trois belles voies navigables, d'espèces assez sensiblement différentes les unes des autres.

Au-dessous de Lyon, le Rhône change d'aspect. On ne voit plus de plaines, comme celles de Culloz, de Chaffard et de Miri-

bel, abandonnées à cause des crues à une paisson peu profitable. De Lyon à Tournon, notamment, il ne présente qu'un petit nombre d'îles; elles sont de peu de longueur, et les eaux rassemblées en général dans un seul lit ont plus de profondeur qu'en amont de Lyon.

De Tournon jusqu'à Pont-Saint-Esprit il est plus variable, et la navigation en beaucoup d'endroits est souvent difficile.

Nous ne le connaissons que fort peu dans la partie située au-dessous de Pont-Saint-Esprit, où finit la sixième division, dont l'inspection nous est confiée; mais tout le monde sait que cette partie est sujette à des inondations très-désastreuses, et que la navigation sur la barre, au-dessous d'Arles, ne peut se faire qu'avec des navires d'un faible tonnage, à cause du peu de profondeur du fleuve.

Ses eaux, comme nous l'avons dit § 2, sont pures en sortant du lac de Genève. Celles de l'Arve, qui sont toujours troubles, donnent au Rhône cette couleur grise qu'il a en France sur toute sa longueur.

L'Ain et la Saône, dont les eaux sont limpi-

des, tendent à affaiblir la teinte qu'il présente; mais l'Isère, qui est sale et brune, augmente bientôt l'intensité de cette teinte.

---

## § 5.

### Des pentes du Rhône, et des variations que ces pentes éprouvent.

Le tableau des longueurs des principales parties du Rhône, depuis la mer jusqu'au lac de Genève, avec les pentes totales de ces parties, a été donné par M. O'Brien, ingénieur en chef des ponts et chaussées. Voici ce tableau, auquel nous joignons les pentes kilométriques, telles que les a calculées M. Poirée, inspecteur divisionnaire au même corps.

| INDICATION DES LIEUX. | Distances partielles. | Distances cumulées. | Ordonnées au-dessus de la mer. | Pentes moyennes par kilomètre. |
|---|---|---|---|---|
| | Kilomètres. | Kilomètres. | Mètres. | Mètres. |
| Embouchure du Rhône. . . | 0,000 | 0,000 | 0.00 | 0.000 |
| ARLES. . . . . | 41,700 | 41,700 | 2.22 | 0.053 |
| Tarascon. . . . . | 15,580 | | 6.71 | 0.288 |
| Roquemaure. . . . . | 45,580 | | 24.50 | 0.391 |
| Embouchure du Lez. . . . . | 21,420 | | 86.17 | 0.545 |
| VALENCE. . . . . | 95,390 | 215,610 | 107.00 | 0.742 |
| Embouchure de l'Isère. . . . | 6,276 | | 111.36 | 0.694 |
| id. de la Galaure. | 28,068 | | 127.21 | 0.565 |
| id. du Bancel. . . | 7,096 | | 130.63 | 0.482 |
| id. du Dolon. . . . | 8,920 | | 134.69 | 0.444 |
| id. de la Varaise. . | 14,690 | | 142.07 | 0.509 |
| Vienne. . . . . | 16,530 | | 149.38 | 0.442 |
| Givors. . . . . | 11,015 | | 154.61 | 0.474 |
| LYON. . . . . | 15,170 | 327,375 | 162.86 | 0.543 |
| Thil. . . . . | 20,000 | | 181.50 | 0.932 |
| Embouchure de l'Ain. . . . . | 15,500 | | 191.50 | 0.645 |
| Le Sault. . . . . | 28,000 | | 200.00 | 0.303 |
| Port-Bigarre. . . . . | 3,500 | | 202.50 | 0.714 |
| Groslée. . . . . | 22,100 | | 209.00 | 0.294 |
| Cordon. . . . . | 12,500 | | 215.00 | 0.480 |
| LE PARC (où finit la navigation actuelle). . . . . | 61,800 | 490,775 | 274.00 | 0.954 |
| Bellegarde. . . . . | 12,500 | | 297.59 | 1.887 |
| Perte du Rhône. . . . . | 2,918 | | 308.81 | 3.845 |
| Moulin-Neuf (sous Chevrier). | 8,595 | | 326.54 | 2.063 |
| Frontière de la France et de la Suisse. . . . . | 4,591 | | 336.12 | 2.086 |
| Moulin de Charlux. . . . . | 5,250 | | 344.85 | 1.663 |
| Ruisseau de Charmilles. . . . | 3,880 | | 350.15 | 1.366 |
| Bois de Bay. . . . . | 6,270 | | 361.00 | 1.730 |
| Moulin de Vaux. . . . . | 5,100 | | 367.40 | 1.255 |
| GENÈVE. . . . . | 5,218 | 545,907 | 375.00 | 1.456 |

Des chiffres de ce tableau nous déduirons ceux du tableau suivant :

| INDICATIONS DIVERSES. | Longueurs en kilomètres. | Pentes totales. | Pentes moyennes par kilomètre. |
|---|---|---|---|
| | | Mètres. | Mètres. |
| Du lac de Genève au Parc. . | 54,322 | 101.00 | 1.859 |
| Du Parc à Lyon. . . . . | 163,400 | 111.14 | 0.680 |
| De Lyon à la mer. . . . . | 327,375 | 162.86 | 0.497 |
| Du lac de Genève à la mer. . | 545,097 | 375.00 | 0.688 |

Les pentes que nous venons d'indiquer sont celles qui sont supposées exister aujourd'hui. Il y a 20 ans, 40 ans, elles étaient différentes; elles changent même sensiblement dans une grande crue.

Imaginons en effet que le Rhône ait en ce moment sa plus forte puissance d'inondation; il s'efforcera de passer partout en ligne droite; il brisera les obstacles que la main de l'homme a voulu lui opposer; il balayera les dépôts que les torrents auront déposés dans son lit à leur embouchure, et si l'inondation dure il se tracera de nouvelles directions. C'est ainsi qu'en 1840 les dangereux passages des îles de Bœuf, de Valence et de Viviers se sont améliorés; mais en même temps beaucoup d'endroits bien navigables se sont encombrés.

Concevons maintenant que l'inondation cesse graduellement. Les grandes plages d'eau vont disparaître, et en leur place on verra le fleuve divisé en plusieurs bras. Le nombre de ces bras diminuera ensuite, ils se réduiront à trois, à deux et peut-être à un seul. Mais quel est le mode d'élimination des bras abandonnés ? C'est ce qu'il serait difficile de dire. Il est certain toutefois que des causes très-faibles font souvent qu'un bras s'atterrit quelques moments ou quelques jours seulement avant un autre, et que cet autre un mois après contient le fleuve tout entier, avec telles et telles conditions de développement de vitesse et de pente qui seraient différentes si le fleuve s'était maintenu dans une autre direction. Le régime est donc très-variable.

Non-seulement il change, comme la théorie et l'expérience le font voir; mais il y a des endroits où le fond s'exhausse continuellement par l'effet des sables charriés. Examinons pour nous en rendre compte ce qui se passe dans les plaines de Miribel, et supposons d'abord que les eaux soient très-hautes. Elles auront de la rapidité et entraîneront avec elles les plus gros sables qu'elles puissent tenir en suspension. Con-

cevons maintenant que leur niveau s'abaisse et que la veine fluide se divise en bras nombreux; la section diminuera; le périmètre mouillé comparativement augmentera, et la vitesse diminuant, les gros sables se déposeront; puis le sable moyen quand l'eau baissera encore, et enfin les sables les plus ténus s'arrêteront dans les passes au moment où le fleuve abandonnera ces passes. Si les crues étaient fréquentes et longues, elles emporteraient tous les dépôts laissés dans la décroissance de la crue précédente : mais c'est ce qui n'arrive pas apparemment à Miribel; car si on dessine le profil du fleuve, au moyen des cotes du tableau précédent, on verra que ce profil présente en ce lieu une saillie très-sensible.

Si l'art intervenait par des endiguements à Miribel, les eaux, réunies dans un lit majeur unique et droit, auraient plus de vitesse, leur action dans les décroissances des crues serait plus énergique, le chenal prendrait de la profondeur, et peu à peu les pentes générales se régulariseraient.

Il est évident que l'étude de tous ces changements de régime est très-importante: on peut dire qu'avec la faible allocation de fonds ac-

cordée au Rhône elle est forcément négligée. Nous indiquerons § 58 les opérations qui, en peu d'années, peuvent jeter beaucoup de jour sur cette matière.

---

## § 6.

**Sur les travaux faits et à faire dans le bassin du Rhône, en ce qui concerne la navigation fluviale, et sur le chemin de fer de Châlons à Avignon.**

L'Isère est navigable sur toute sa longueur en France. On peut sans grande dépense perfectionner beaucoup la navigation de cette rivière.

La Saône, à partir de Gray, au moyen des grands travaux qui s'achèvent, formera bientôt une belle ligne navigable. On a eu soin, dans l'intérêt des bateaux à vapeur, de ne recourir à aucune écluse à partir de Châlons; c'est un résultat qu'il importait d'obtenir, et dont M. Laval, ingénieur en chef des ponts et chaussées, chargé de le partie comprise entre Lyon et Saint-Jean-de-Losne, a parfaitement senti le prix.

Quant au Rhône, depuis des siècles, la main

de l'homme l'a très-souvent mal servi. Les plus anciens ouvrages qu'il présente sont les ponts d'Avignon et de Pont-Saint-Esprit. Quand on les a exécutés, les moyens pécuniaires manquaient; les frères du pont, à qui on les doit, faisaient une arche et allaient quêter l'argent nécessaire pour la suivante; les piles devaient donc former culées. De là un écoulement difficile, des cataractes dangereuses, une largeur considérable donnant lieu à des dépôts et à des îles. Le pont de la Guillottière à Lyon a aussi des piles trop larges. Le pont Morand, construit en 1771, a des travées trop étroites. A défaut de ponts, qui étaient d'un établissement fort cher, les deux rives du Rhône communiquaient entre elles au moyen de bacs, et les abords des bacs obstruaient plus ou moins le lit, et préjudiciaient souvent à la navigation. Les propriétaires, avec leur esprit de conservation ami du *statu quo* et peu soucieux des besoins publics, endiguaient leurs terres dans des limites aussi étendues que possible, et presque toujours mal disposées pour le mouvement des bateaux. Quelquefois les populations, menacées par la corrosion du courant, se garantissaient contre ses attaques par des épis

très-allongés et très-solidement construits, comme ceux de Tain, de Bourg-les-Valence et de Donzère. Or, dans ce cas, la profondeur s'accroît à l'extrémité de chaque épi; le thalweg se ploie en sinusoïde après avoir franchi cette extrémité, et il présente au navigateur de grands dangers (g). Le besoin d'avoir des chemins de halage, plus impérieux encore que celui d'avoir un chenal profond, parce que la navigation n'avait lieu qu'en bonnes eaux, faisait exécuter ces chemins, non pas où il aurait fallu qu'ils fussent, mais où on pouvait les établir à bas prix, ce qui, en réunissant l'action incessante des propriétaires et les demandes des mariniers, a gâté le Rhône en quantité d'endroits. Enfin sont venus les ponts suspendus; cette belle invention, si utile déjà par la dépense peu élevée qu'ils nécessistent, n'a pas laissé que de nuire beaucoup au Rhône. Les

(g) Avant l'inondation de 1840, le Rhône n'avait, devant le grand épi de Valence, que 60m.50 de largeur; la profondeur était de 11m.80 au bout de cet épi; les eaux, par l'effet d'un remous, remontaient dans une partie de cet étroit profil, et la navigation, à cause de la vitesse et de la courbure du thalweg, était fort dangereuse. Ce malheureux état de choses se reproduira, si les travaux qu'on a projetés pour en prévenir le retour ne sont pas faits promptement.

villes souhaitaient que leurs bacs fussent remplacés par de tels ponts; les spéculateurs voulaient, en les faisant, gagner beaucoup et dépenser peu, et l'administration n'a pas toujours exigé qu'on élevât les tabliers suffisamment pour le passage des bateaux à vapeur. De plus, les levées au bout de ces ponts, tracées dans l'intérêt des communications par terre, coupent quelquefois obliquement le lit majeur que le fleuve se choisit en grandes eaux.

En considérant les choses sous le point de vue de la science hydraulique, elles ne sont pas non plus sur un pied satisfaisant. Les grandes vitesses du Rhône poussent le thalweg auprès des rives concaves, et l'on ne sait pas calculer, d'après les pentes et les courbures, les positions de ce thalweg, positions qu'il faudrait pourtant connaître pour apprécier le développement de ce même thalweg (*V.* le § 57). D'un autre côté, les grandes vitesses empêchent que les formules de l'écoulement ne puissent être employées partout sur le Rhône; elles ont été d'une grande utilité pour la Saône, l'Oise, la Midouze, la Meuse, la Moselle, etc. (*h*); il est

(*h*) On a reconnu toutefois que pour la Meuse et la Mo-

nécessaire, il est pressant, qu'on fasse de nouvelles expériences, et qu'on obtienne enfin une théorie bien applicable aux fleuves d'une grande déclivité. Les produits du Rhône en ces différents points, et les produits de ses affluents, sont encore fort mal connus (*V.* les §§ 21—24). On ne sait pas, ou du moins on ne sait pas bien, comment les divers hauts-fonds croissent et décroissent dans les crues et dans les basses eaux, ni conséquemment quels sont, pour chaque haut-fond, les causes qui le produisent ou l'entretiennent, et par quels moyens hydrauliques on pourrait, après l'avoir enlevé, en prévenir la reproduction. Enfin, il n'y a pas de hauteur de mouillage adoptée pour le Rhône, et il n'en est jamais question dans les projets (*i*).

Ce fâcheux état de choses est en partie la

---

selle (et je l'avais dit dans le projet général que j'ai rédigé, en 1823, pour la navigation de la Meuse de Pagney à la Belgique) les formules sont fautives, mais qu'elles ne s'éloignent pas beaucoup de la vérité.

(*i*) Il faut excepter le travail de M. l'ingénieur en chef Mondot de la Gorce, relatif à tout le cours du Rhône, de Lyon à la mer (*V.* le § 14), et le projet rédigé par M. l'ingénieur Goux pour le saut du Rhône (*V.* le § 57).

conséquence d'une idée qui a dominé presque toujours : c'est que le Rhône est un fleuve indomptable, dont il n'y a que de faibles avantages à tirer et qu'il faut abandonner à lui-même. Il y a 20 ans, on s'occupait de le remplacer par un canal latéral (*j*); aujourd'hui on ne lui alloue que 800 mille francs par an, et il se trouve, comme la moindre de nos routes, divisé en trois parties qui appartiennent à des inspections différentes.

Cependant les bateaux à vapeur, avec les seuls efforts que le commerce a pu faire, ont montré dans ces derniers temps toute la valeur du Rhône. Aussi, depuis trois ans, s'est-on occupé de créer pour ce fleuve un service spécial. Mais est-on en mesure d'opérer parfaitement ? non sans doute. Les ingénieurs sont, il est vrai, plus méritants que jamais; ils peuvent projeter et exécuter des travaux comme aux

---

(*j*) Le projet de ce canal a été rédigé, de 1822 à 1824, sous la direction de M. Cavenne, actuellement inspecteur général des ponts et chaussées, et avec la coopération de M. Kermaingant, aussi inspecteur général, et de plusieurs autres ingénieurs d'un grand mérite (*V.* l'*Histoire de la navigation intérieure de la France*, par M. Dutens, tome II, page 8). L'estimation de ce projet montait à 35 millions et demi.

chemins de fer belges, comme aux fortifications de Paris, avec perfection, avec promptitude, avec économie; toutefois ils n'ont pour se mouvoir que le cercle où on les circonscrit. Or, le système anglais (*k*) ayant fait invasion dans les travaux publics, le service, depuis l'empire, a perdu l'unité à laquelle sa force était due; il se vicie continuellement; les attributions des ingénieurs se divisent et s'amoindrissent; leurs grades se multiplient; les déplacements fréquents rompent la chaîne des recherches, et les grandes questions ne peuvent plus s'approfondir.

Il s'en présente une, quant au Rhône, dont l'importance ne sera pas contestée : c'est celle de savoir si l'on fera un chemin de fer de Châlons-sur-Saône à Avignon. D'un côté, on voit que la navigation à la vapeur donne déjà de grands résultats et qu'elle est en progrès. De l'autre côté, on voit que, par le système des concessions, la France est privée de la circulation à bas prix sur les chemins de fer. De là sans

---

(*k*) *V.* le § 15 de l'écrit que nous avons publié sous ce titre : *De trois lois à faire sur les travaux publics.*

doute résultera l'ajournement du chemin de fer de Châlons à Avignon ; mais un ajournement qui laisserait une telle question incertaine pour un long avenir serait un grand mal. On négligerait le Rhône en vue du chemin de fer, et en vue du Rhône on ferait et laisserait faire nombre d'ouvrages qui rendraient chaque jour le chemin de fer plus difficile à entreprendre.

Pour avancer vers la solution de cette question, la chose la plus importante, sans doute, c'est de savoir ce que peut devenir le Rhône avec des améliorations bien entendues. Nous allons nous appliquer à la recherche de ces améliorations, et nous tâcherons, en comparant les différents moyens d'opérer, de proposer ceux qui sont le moins susceptibles d'être entravés par les vices de notre époque.

# CHAPITRE II.

## DES SEICHES, ET DE DIVERS PHÉNOMÈNES QUI SONT OBSERVÉS SUR LE LAC DE GENÈVE OU NON LOIN DE CE LAC, ET QUI INTÉRESSENT L'AVENIR DE LA NAVIGATION DU RHÔNE.

### § 7.

#### Des seiches du lac de Genève.

Les lacs offrent souvent à leur surface des phénomènes fort remarquables, tels que des dégagements de gaz, des bouillonnements et des soulèvements d'eau singuliers, peu observés et encore moins expliqués (*a*).

Le lac de Genève, notamment, présente un phénomène connu sous le nom de *Seiches*. M. de Saussure le décrit ainsi : « Le lac s'élève » tout à coup de 4 ou 5 pieds, s'abaisse en-

(*a*) *V.* la *Géographie universelle* de Malte-Brun, édition de 1832, tome II, page 232.

» suite avec la même rapidité, et continue ces
» alternatives pendant quelques heures. Ce
» phénomène est peu sensible sur les bords du
» lac qui correspondent à sa plus grande lar-
» geur, il l'est davantage aux extrémités, mais
» surtout aux environs de Genève, où le lac
» est plus étroit (*b*). »

Deux seiches très-fortes ont eu lieu dans la nuit du 2 au 3 octobre de l'année dernière. M. Oltramare, professeur à Genève, en a envoyé la description à l'Académie des sciences (*c*), et on voit par cette description que dans la seconde seiche (la première, qui a dépassé les limites de l'échelle, n'ayant pu être bien observée), le lac après s'être élevé en cinq minutes de 45 pouces au-dessus de son niveau, est descendu en deux heures trente-cinq minutes à 34 pouces au-dessous de ce même niveau, s'est relevé ensuite, mais moins haut que la première fois; puis a baissé, mais moins bas qu'il ne s'était abaissé d'abord; qu'il a continué d'avoir des oscillations de moins en moins fortes, et

---

(*b*) *Voyage dans les Alpes*, tome I^er^, page 17.

(*c*) *V.* le compte rendu de la séance du 18 octobre 1841.

que ses eaux, après cinq heures de mouvement, ont repris leur hauteur initiale. M. Oltramare fait remarquer que la rapidité de l'ascension est d'autant plus forte que l'ascension est elle-même plus grande, et il ajoute que le niveau du baromètre n'a pas varié.

Suivant les informations qui nous ont été données à Genève, principalement par M. Veinié, directeur de la machine hydraulique, les seiches se reproduisent toujours conformément à la description qui précède, si ce n'est qu'il est rare d'en voir dont l'amplitude, c'est-à-dire la somme du plus grand exhaussement et du plus grand abaissement de l'eau, excède un mètre. Celles dont l'amplitude est de deux ou trois décimètres sont fort communes.

Ainsi qu'on vient de le voir, M. de Saussure dit fort clairement que les seiches commencent par l'exhaussement de l'eau. Ce fait nous a été confirmé sur les lieux, et l'on remarquera qu'il a dû être observé très-bien, du moins pour les grandes seiches. En effet, nous avons vu dans un ouvrage que M. Veinié possède, qu'une seiche, à Genève, a mis le Rhône à sec. Saussure en a observé une, le 3 août 1763, dans laquelle les eaux, en dix minutes, mon-

tèrent de 4 pieds 6 pouces 9 lignes (*d*). Or, de tels phénomènes sont remarqués sur tout le pourtour du lac, et la question de savoir s'ils commencent ou ne commencent pas par l'exhaussement de l'eau est nécessairement une question résolue dans le pays.

Cet exhaussement initial semble donc être un fait acquis à la science, en ce qui concerne les grandes seiches. Et quant aux petites, nous en croyons M. Veinié, parce qu'il est, comme observateur, plus instruit que personne à cet égard. C'est ce qu'on peut apprécier par les faits suivants. On a, depuis 1806, à la machine hydraulique de Genève, une de ces échelles appelées *limnimètres* (*e*), qui marquent les hauteurs de l'eau par le moyen d'un flotteur surmonté d'une tige indicatrice verticale (*V.* le § 19). Or, M. Veinié tient, jour par jour et très-exactement, note de ces hauteurs, qui sont consignées dans un registre déposé à l'hôtel de ville. Il a même perfectionné, pour faire mieux ses observations, le limnimètre de la machine, en

---

(*d*) *Voyage dans les Alpes*, tome Ier, page 18.

(*e*) Ce nom signifie *mesure du lac*.

adaptant à la tige verticale de cet instrument une potence mobile entre deux curseurs à frottement : cette potence, pour chaque seiche, écarte les curseurs d'une distance égale à l'amplitude de la seiche, de sorte qu'on est renseigné même sur les seiches qu'on n'observe pas.

Suivant M. Veinié, les seiches se font remarquer fréquemment en été par les temps les plus calmes. En hiver, dans les gelées, on n'en a que très-rarement.

---

## § 8.

### Des explications anciennes du phénomène des seiches, et d'une explication que nous présentons.

Les seiches du lac de Genève ont été attribuées par M. Fatio à des coups de vent (*f*); mais M. Jallabert a réfuté cette explication, en faisant remarquer qu'il y en a dans les temps calmes, et il a pensé qu'elles devaient résulter des crues de l'Arve (*g*).

---

(*f*) *Voyage dans les Alpes*, page 26.

(*g*) *V.* l'*Histoire de l'Académie des sciences* pour l'année 1741, page 26.

Le célèbre géomètre Bertrand (de Genève) supposait que l'électricité des nuages soulevait les eaux du lac, et qu'en retombant elles oscillaient.

Saussure attribue le phénomène à des variations dans le poids de l'air atmosphérique.

On se convaincra suffisamment, par la suite de cet écrit, que l'Arve n'a aucune influence sur les seiches; et quant aux autres explications dont il vient d'être question, elles sont réfutées par ce fait : que le commencement du phénomène est l'exhaussement du lac. En effet, si le vent, l'électricité ou la pression de l'atmosphère produisaient en quelque endroit, par le déplacement du fluide, un exhaussement initial de la surface des eaux, ce ne pourrait être qu'à la condition d'un abaissement de cette surface en quelque autre endroit et au même moment initial, ce qui n'a pas lieu, puisque, en cet autre endroit, le phénomène commencerait par l'abaissement de l'eau.

Il suit de là que dans les seiches le lac, en général, s'élève partout à la fois, et qu'elles ne résultent pas d'un déplacement du liquide. Il faut donc poser en principe que les seiches

proviennent d'une masse d'eau qui s'ajoute à celle que le lac contenait.

Nous avons présenté à l'Académie des sciences une explication fondée sur ce principe. M. Arago a bien voulu en faire l'analyse de vive voix à la séance du 25 octobre 1841 (*h*). Voici cette explication :

Concevons qu'il y ait un lac souterrain communiquant, d'une part, avec le Léman, et d'autre part, au moyen de fissures, avec les vallées qui contiennent des glaciers. Si, par l'effet d'une pluie, par exemple, les eaux et les glaces se précipitent dans les fissures, dont quelques parties soient verticales ou à peu près verticales, elles parcourront ces fissures avec une vitesse accélérée, et elles y entraîneront l'air comme il est entraîné dans les tuyaux verticaux appelés *trompes*, au moyen desquels, avec le secours d'un petit courant d'eau, on souffle le foyer des hauts fournaux (*V*. la note 12); donc l'air sera comprimé au-dessus du lac souterrain : donc les eaux du Léman se soulèveront. Bientôt après, l'effet compresseur cessant, les eaux

(*h*) Il n'en a pas été fait mention dans le compte rendu.

soulevées réagiront; l'air remontera dans les fissures; le lac souterrain s'élèvera, et le Léman s'abaissera au-dessous de son niveau, mais, d'une moindre hauteur que celle dont il se sera élevé, parce que les fissures présenteront des courants d'eau marchant de haut en bas qui modéreront le mouvement de l'air marchant de bas en haut. Une nouvelle réaction résultera ensuite de l'exhaussement du lac souterrain, et le phénomène cessera par une suite d'oscillations de moins en moins fortes (*V.* la note 22).

En hiver, la surface des glaciers étant couverte de neige, les fissures ne communiqueront pas avec l'atmosphère, ainsi les pluies et les orages, s'il en survient, ne produiront pas de seiches.

En été, les fréquents éboulements qui se font entendre dans les glaciers suffiront pour produire des seiches qui se feront remarquer même dans les temps calmes, et surtout dans les temps très-chauds, où la fonte des glaces dérange plus particulièrement les édifices en équilibre que présentent souvent les glaçons.

Lorsque nous avons adressé notre théorie à l'Académie, nous ne connaissions encore que fort imparfaitement le phénomène des seiches,

aussi annoncions-nous que cette théorie pouvait être démentie par bien des circonstances, comme, par exemple, leur apparition en hiver aussi bien qu'en été. Depuis, nous sommes retournés à Genève, et non-seulement nous avons été, quant au phénomène en lui-même, confirmé dans nos idées, mais nous avons pris connaissance de plusieurs autres faits qui appuient notre explication, et qui rendent probable, ce nous semble, l'existence d'un lac souterrain, ou de plusieurs lacs souterrains, en communication avec le Léman (*i*). C'est ce qu'on va voir par les paragraphes qui suivent.

---

## § 9.

### Des *ladières* ou courants observés sur le lac de Genève, et des variations de température de ce lac.

Les eaux du lac de Genève présentent quelquefois des courants qui vont de l'ouest à l'est, ou dont les eaux marchent vers Ville-

---

(*i*) Nous avons adressé de Lyon, à l'Académie des sciences, une nouvelle note sur cet objet (*V.* les comptes rendus des séances des 25 juillet et 8 août 1842).

neuve, et non vers Genève, c'est-à-dire dans le sens opposé de celui du Valais à la mer. Ces courants sont ce qu'on appelle des *ladières*. M. de Saussure en parle dans son Voyage des Alpes (*j*), et il dit que l'on ne connaît ni leurs causes, ni les périodes de leurs variations.

Ils ne sont pas aujourd'hui mieux étudiés que du temps de Saussure, mais les pêcheurs et les mariniers savent parfaitement qu'ils se font remarquer et que leurs directions changent. Nous n'en avons eu connaissance qu'au moment où nous allions quitter Genève pour revenir en France, ce qui nous a empêché de prendre des informations sur les points où ils prennent leur origine, et sur les époques où ils sont le plus sensibles.

M. de Saussure, qui les a observés lui-même, dit qu'ils montent ou descendent en certains temps, ce qui tend à faire voir que le lac est alimenté de fond.

Or, s'il y a des lacs souterrains communiquant avec des glaciers immenses comme la mer de glace, il doit en résulter qu'il y a constamment

---

(*j*) Tome I^er^, page 39.

des courants d'eau descendant par les fissures dans les lacs souterrains, et débouchant de fond dans le Léman, par les communications qui le lient à ces lacs. Si le lac de Genève est en baisse, toutes les eaux, soit qu'elles viennent de fond, soit qu'elles viennent par les affluents de la surface, s'écouleront vers la France, mais en été, quand le lac est en hausse, si les sources de fond sont plus abondantes que les affluents, les eaux de ces sources se répandront dans le lac et remonteront vers Villeneuve.

Plusieurs faits appuient cette explication.

Premièrement, on sait que le Rhône, à l'amont du lac, est faible en comparaison de ce qu'il est à Genève; et comme les autres affluents sont de peu d'importance, il semble, en ne considérant que l'alimentation de superficie, que le Léman, même aux époques où il monte, décharge plus d'eau qu'il n'en reçoit. Avec l'alimentation de fond, la faiblesse du Rhône dans le Valais n'a plus rien qui surprenne.

Secondement, quand on visite la mer de glace, on entend continuellement des eaux qui se précipitent dans les anfractuosités de cette mer, et l'on croirait, vu son volume, que l'Ar-

veiron qui en sort doit être une grande rivière, tandis que ce n'est qu'un ruisseau ; mais, cela se trouve expliqué, si la majeure partie des eaux descend par des fissures, ou vallées souterraines, dans des lacs intérieurs d'où elles vont au lac de Genève.

Passons à l'examen des variations de température de ce lac.

On tient note à Genève de la température des eaux, et l'on sait que, sans cause connue, cette température varie considérablement. Ainsi, en été, elle passe quelquefois en peu de jours, de 20 ou 22 degrés à 10 ou 12, et réciproquement. On sait, d'un autre côté, que l'époque des basses eaux de l'Arveiron, époque qui semblerait devoir être celle des plus grands froids, pendant lesquels la masse de glace fondue devrait être la moindre possible, est de beaucoup postérieure au moment le plus froid de l'hiver, et se trouve reculée jusqu'aux premières chaleurs du printemps.

Or, le lac souterrain, et toute la masse des rochers qui en forme les parois et la calotte, doit avoir, à la fin de l'été, suivant les observations précédentes, et à cause de son enfoncement dans le sol, une température plus élevée

que celle de 4 degrés qu'on assigne comme minimum au fond du Léman. De plus, les premières neiges fermant les orifices supérieurs des fissures, cette chaleur du lac souterrain ne doit s'affaiblir que très-lentement et très-peu en hiver. Cela posé, imaginons que les vents étant dirigés d'une certaine manière, les glaces fondent dans le Valais avec une certaine abondance, grande relativement à la masse qui fondra dans la mer de glace, l'eau donnée par le Rhône aura un certain volume relativement plus fort que celui des sources de fond. Supposons que le vent change, il sera possible que le produit des sources de fond, au contraire, devienne relativement plus fort. Mais il est clair, d'après ce que nous venons de dire, que les eaux coulant à ciel ouvert dans le Valais n'auront pas une température aussi élevée que celle des lacs souterrains; donc les températures du Léman varieront en raison des produits comparés du Rhône et des sources de fond.

Il est peut-être difficile de s'expliquer par là des variations aussi fortes que celles qu'éprouve le volume d'eau immense du lac, mais ces considérations nous semblent propres à aider

les physiciens qui voudront pénétrer plus avant dans le phénomène.

Quant à l'Arveiron, dont les basses eaux n'ont pas lieu dans les temps les plus froids, le lac souterrain expliquerait très-bien la décroissance de volume de ce torrent jusqu'à la reprise des chaleurs. En effet, le lac souterrain doit se refroidir de plus en plus, à mesure qu'on s'éloigne de l'été précédent : mais la chaleur de ce lac, par le contact de l'air qui est au-dessus, lequel air touche le dessous des glaciers, est une grande cause de fonte de glace; or, cette cause agissant de moins en moins jusqu'au retour des chaleurs, c'est à l'époque de ce retour seulement que les eaux devront être basses dans l'Arveiron.

Il paraît toutefois que ce phénomène est commun à d'autres torrents qui sortent de divers glaciers : tous ces glaciers, sans exception, communiqueraient-ils par des fissures avec des lacs souterrains? Ce serait une question à examiner.

---

## § 10.

### Des seiches en général, et des différents faits qui militent en faveur de notre explication.

L'explication précédente des seiches est présentée en vue de ce qui se passe sur le lac de Genève, mais elle s'étend à d'autres cas.

Supposons, par exemple, que les fissures de communication d'un des lacs souterrains et d'un glacier viennent à se boucher par leurs parties supérieures, à l'époque où le Léman a ses eaux basses; c'est-à-dire en hiver. En été, ce dernier lac ayant son niveau plus élevé de 2 à 3 mètres (*V.* le § 19), il comprimera l'air dans les fissures bouchées, et si ces fissures se rétrécissent à peu de hauteur au-dessus de leur base de manière qu'il n'y ait que peu de volume entre la calotte et l'eau du lac souterrain, la compression pourra même être extrêmement forte. Or, si tout à coup les orifices clos se débouchaient, soit par l'effet de la pression, soit par une autre cause, l'air serait chassé vivement par ces orifices, et il en résulterait sur le Léman une seiche qui commencerait par l'abaissement de l'eau.

Imaginons maintenant qu'une fissure correspondante au lac souterrain s'élève à une certaine hauteur, et que, ensuite, elle descende en siphon pour déboucher, non plus dans un glacier, mais dans un lac ordinaire : il y aura alors à considérer ce dernier lac, ou le lac supérieur, le lac souterrain, et le lac qui remplacera le Léman, ou le lac inférieur, et l'embouchure du siphon dans le lac supérieur s'encombrera ou s'envasera facilement si elle répond à la partie la plus profonde de ce lac. Concevons que la simple pression désobstrue l'embouchure, aussitôt l'air sera lancé au travers des eaux du lac supérieur; on aura donc sur ce lac des bouillonnements et des dégagements d'air comme ceux qui ont été observés dans le Brandebourg sur le lac Krestin (*k*). Et l'on remarquera que, en même temps, le lac inférieur éprouvera une seiche qui commencera par l'abaissement de son niveau.

Ainsi, les deux cas qui viennent d'être examinés montrent que notre explication admet,

---

(*k*) Les bouillonnements de ce lac, suivant Malte-Brun, engloutissent quelquefois des barques. *V.* la *Géographie universelle*, tome II, page 311.

pour le Léman, des seiches de cette dernière espèce. Jusqu'à présent elles ne se sont pas fait remarquer; mais, si l'on fait attention que les seiches sont difficiles à observer au moment où elles commencent, surtout quand elles sont fort petites, on verra qu'il ne serait pas surprenant que, plus tard, avec des observations plus soignées, on reconnût qu'il y en a de l'espèce en question.

Supposons encore que des fontaines intermittentes versent leurs eaux dans les fissures correspondantes au lac souterrain, ces eaux produiront un entraînement d'air, et une compression de ce dernier lac; donc on aura des seiches sur le lac solidaire avec le lac souterrain, et ces seiches, qui commenceront par l'exhaussement des eaux, auront lieu sans orage, sans pluie, sans éboulement de glaçons, sans qu'il soit nécessaire qu'il y ait des glaciers dans le voisinage, par les temps les plus calmes, et même en hiver.

Nous ajouterons que le tarissement des sources chaudes d'Aix-en-Savoie, produit en 1755 par le tremblement de terre de Lisbonne, fait présumer qu'il y a dans le globe des canaux souterrains qui s'étendent à de grandes distan-

ces, et que, en conséquence, il serait possible que les glaciers occasionnassent des seiches dans des lacs très-éloignés.

Quoi qu'il en soit, la théorie des seiches proposée par nous explique, 1° les oscillations décroissantes du niveau de l'eau du Léman dans les seiches; 2° le gonflement initial et général du lac dans les grandes seiches; 3° l'apparition des seiches dans les temps calmes, 4° leur rareté en hiver; 5° leur fréquence en été; 6° l'invariabilité du baromètre pendant l'accomplissemeut des seiches; 7° les ladières; 8° les variations singulières de température du Léman; 9° le peu de volume du Rhône à son entrée dans le lac, relativement au volume qu'il présente à Genève; 10° la petitesse de l'Arveiron comparée à l'immense volume de la mer de glace; 11° enfin, pourquoi les eaux de l'Arveiron et des autres torrents qui proviennent des glaciers dont le dessous communiquerait avec le Léman n'ont leurs eaux basses qu'après l'hiver.

De plus, notre théorie s'étend aux seiches qui commenceraient par l'abaissement du niveau des eaux, et à celles que l'on remarque sur des acs très-éloignés des glaciers. Elle rend compte

aussi des bouillonnements d'eau et des dégagements d'air observés, notamment, sur le lac Krestin.

---

## § 11.

**Sur l'existence des lacs souterrains communiquant avec le lac de Genève, et sur diverses questions relatives à ces lacs.**

Notre explication des seiches et des ladières, comme on vient de le voir, est appuyée par un grand nombre de faits, qui tous militent en faveur de l'existence d'un ou de plusieurs lacs souterrains communiquant avec le lac de Genève, puisque toute l'explication repose sur les pressions qui s'exerceraient à la surface de ces lacs.

Mais si l'on doit admettre, comme un fait suffisamment établi (*V.* le § 7), que, dans les grandes seiches, tout au moins, le commencement du phénomène partout sur le lac est l'exhaussement de sa surface, d'où il résulterait que ce phénomène n'est pas une ondulation de cette surface, comme celle que des vents produiraient (*V.* le § 8), l'existence du lac souterrain sera physiquement démontrée. En effet, con-

sidérons la seiche observée par Saussure, le 3 août 1763, dans laquelle l'eau du lac en 10 minutes s'éleva de 4 pieds 6 pouces 9 lignes (*V.* le § 7). C'est à Genève probablement que cette hauteur a été mesurée, et comme l'intumescence est plus faible dans les autres endroits du lac, estimons la hauteur moyenne de cette intumescence à $0^m.30$, on aura pour le volume dont l'eau du lac se sera accru, 600,000,000 $\times$ 0.30 = 180,000,000 de mètres cubes. Or, d'où ce volume d'eau aurait-il pu venir en dix minutes? et si l'on fait attention que, au bout d'environ 30 ou 40 autres minutes, la surface du lac se trouvait abaissée au-dessous du niveau primitif d'autant qu'elle venait de s'élever, on verra que le propre volume du lac se trouvait alors diminué des mêmes 180 millions de mètres; on se demandera où le cube d'eau de 360 millions de mètres avait pu être envoyé en 30 ou 40 minutes, et l'on reconnaîtra qu'il n'y a qu'un lac souterrain, communiquant avec le lac de Genève, qui puisse fournir au Léman et recevoir de lui des masses d'eau aussi considérables.

Mais, peut-on supposer qu'il y ait dans le lac des ouvertures de fond assez grandes pour

permettre l'arrivée et la sortie de si fortes masses d'eau? Examinons. Les 180 millions de mètres se seraient introduits en dix minutes, c'est donc 300 mille mètres par seconde. On peut bien admettre que la vitesse de l'eau dans les ouvertures aurait été de 4 mètres, et on aura pour la section 75 mille mètres carrés, ou 2000 mètres de longueur sur 37 de hauteur. Or, il n'y a rien de surprenant dans ces chiffres, car le lac à partir de Rolle jusqu'à Villeneuve, dans ce qu'on appelle le grand lac, a des profondeurs considérables, et qui graduellement arrivent à celle de trois cents mètres, ce qui permet bien d'avoir dans les parois du lac des pertuis dont les sections aient ensemble une surface de 2000 mètres sur 37.

Serait-on surpris de ce que ces pertuis n'auraient pas été remarqués? Nous répondrons qu'il est difficile de connaître le fond du lac à de grandes profondeurs, et que d'ailleurs la rive de la Savoie est en beaucoup d'endroits à pic, ou du moins en talus fort roide (*l*), et

(*l*) M. Polonceau, inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées, a remarqué, pendant qu'il s'occupait de la route du Simplon, que des blocs de pierre extraits à Meillerie, et

que les pertuis pourraient être en grande partie dans ce talus.

Il nous semble donc qu'on devrait admettre, tout au moins comme probable, l'existence de notre lac souterrain. Or, le lac de Genève ayant sur le régime du Rhône une action extrêmement utile (*V.* le § 2), on se demandera tout naturellement quelle est dans cette action la part du lac souterrain? Cette part est évidemment proportionnée à l'étendue de la surface de ce dernier lac; d'où il suit que si l'on admettait son existence, il deviendrait intéressant d'obtenir sa surface. Il est d'ailleurs manifeste que cette surface devrait être fort grande, puisque ses oscillations chasseraient du lac souterrain, ou feraient entrer dans ce lac des volumes d'eau de 180 à 360 millions de mètres cubes.

Concevons que le Rhône à son entrée et à sa sortie du Léman ait été bien jaugé; on saura trouver son produit pour toutes les hauteurs

---

tombant dans le lac, faisaient surgir des bulles d'air longtemps après la chute sur le bord de la rive, ce qui fait présumer qu'en cet endroit la paroi est à peu de chose près verticale.

qu'il présente (*V.* le § 40). Concevons que ses affluents, lesquels sont d'une faible importance, aient été pareillement jaugés. Concevons enfin qu'on tienne note, au moyen d'échelles, des hauteurs de ces différents cours d'eau, ou du moins de ceux qui ont quelque valeur; on pourra jour par jour calculer,

1° Le produit $p$ reçu par les affluents;

2° Le produit $a$ accumulé ou dépensé, égal à la surface du lac multipliée par la hauteur d'exhaussement ou d'abaissement mesurée au limnimètre;

3° Le produit P de l'écoulement à Genève.

Et si l'on désigne par $\pi$ le produit de l'alimentation de fond, on aura, en prenant $a$ avec le signe $+$ dans le cas de l'accumulation,

$$P = p + \pi - a, \quad \text{ou} \quad \pi = P - p + a.$$

On trouverait donc jour par jour le produit $\pi$. On aurait pour chaque semaine, et pour chaque mois, des équations pareilles, dans lesquelles les quantités analogues à P, $p$ et $a$ seraient évidemment calculées avec plus d'exactitude que dans l'équation précédente, surtout aux époques où le lac aurait été constamment

en hausse ou constamment en baisse, d'où l'on voit qu'avec les vérifications fournies par les semaines et par les mois, on aurait, au bout de quelques années, des résultats satisfaisants sur les valeurs de $\pi$. Cela posé, considérons la période écoulée depuis le moment où le lac aurait atteint son maximum de hauteur jusqu'à celui, par exemple, où il se serait vidé d'un cube d'eau d'un milliard de mètres, et supposons qu'on fasse pour cette période la somme des équations $\pi = P - p + a$; on aurait,

$$\Sigma\pi = \Sigma P - \Sigma p + \Sigma a;$$

mais $\Sigma a$ serait égal au chiffre un milliard avec le signe moins, ce qui donne,

$$\Sigma\pi = \Sigma P - \Sigma p - 1{,}000{,}000{,}000.$$

Ainsi, on connaîtrait pour toute cette période le produit total de l'alimentation de fond, et l'on saurait dans quel rapport il est avec le volume d'eau $\Sigma p + 1{,}000{,}000{,}000$ de mètres sorti du lac.

Si donc on voulait faire de ce lac un réservoir alimentaire du Rhône, on saurait que la

masse d'eau disponible dans le réservoir devrait s'augmenter, pendant qu'il servirait, et dans l'hypothèse d'un lac souterrain, d'une quantité $\Sigma p + \Sigma\pi$, dont la dernière partie $\Sigma\pi$ serait due à ce dernier lac.

Ce terme $\Sigma\pi$ pourrait avoir une valeur très-notable.

Quant à la question d'apprécier la superficie des lacs souterrains, nous ne nous y arrêterons pas; mais il sera aisé de voir que les opérations et observations indiquées dans le paragraphe qui suit fourniraient des données propres à l'éclaircir.

---

## § 12.

### Sur les opérations et observations à faire pour connaître bien les phénomènes dont il vient d'être parlé.

Le lac de Genève devant très-probablement servir à l'alimentation du Rhône, il serait heureux pour ce fleuve que des lacs souterrains fussent en communication avec le Léman, et il s'ensuit que toutes les investigations qui serviront à mieux connaître les seiches et les produits d'eau versés par les sources de fond, sup-

posé qu'il y en ait, seront d'un grand intérêt, non-seulement pour la science, mais encore pour la navigation.

Nous venons de dire quelles sont les opérations de jaugeage qu'il faudrait faire pour étudier avec soin les phénomènes; nous croyons que les opérations suivantes sont aussi très-nécessaires.

Premièrement, il faudrait adapter aux limnimètres un mouvement d'horlogerie qui fît marcher horizontalement et uniformément une feuille de papier sur laquelle un crayon attaché à la tige du limnimètre tracerait les courbes des hauteurs d'eau à chaque instant. Si, par exemple, le papier roulé sur un premier cylindre se déroulait sur une zone d'un second cylindre, pour s'enrouler sur un troisième, et que le mouvement sur le second cylindre, où le crayon agirait, fût d'un millimètre par minute, on aurait, sur une échelle commode, par la courbe dont il s'agit, les hauteurs d'eau de minute en minute. Ainsi, une seiche survenant, on connaîtrait fort exactement, sans se donner aucune peine, la marche des oscillations de l'eau, les durées de l'exhaussement, les durées de l'abaissement, etc. On verrait si

les grandes seiches sont de la même espèce que les petites. En cas d'espèces différentes on saurait le caractère de chaque espèce. On connaîtrait le nombre des seiches saison par saison; et l'on saurait si, après les grandes seiches, le lac reprend exactement le niveau qu'il avait auparavant.

Secondement, il faudrait qu'on eût des limnimètres à Villeneuve, à Vevai, à Ouchy, à Rolle et à Evian, et que ces limnimètres fussent réglés avec de bonnes horloges, afin que l'on connût pour un même instant les hauteurs des oscillations aux différents points du lac. On apprendrait par là d'où est partie l'intumescence; comment elle s'est transmise, quels étaient au même moment les rapports d'exhaussement ou d'abaissement d'eau pour les différents points du Léman, et peut-être quels sont les endroits où se trouvent les pertuis de fond.

Troisièmement, il faudrait prendre des renseignements sur les ladières; sur les grandeurs des pertuis qui les donnent, sur les vitesses des courants dans ces pertuis, et sur les températures de l'eau qu'ils fournissent.

Quatrièmement, tenir des notes météorolo-

giques à Villeneuve, à Vevay, à Genève, à Sion, à Chamouny et au Montanvers, pour savoir quel rapport il y a entre les orages et certaines seiches; entre les changements de vent et les variations de température du Léman, etc., etc.

Cinquièmement, enfin, il faudrait, en visitant les glaciers, examiner s'ils n'ont pas des parties plus sujettes que d'autres à des éboulements de glaçons ou à des dégagements d'air, afin de découvrir autant que possible les endroits où se trouvent les orifices des fissures. Peut-être qu'on pourrait un jour, en faisant détoner à la fois quelques kilogrammes de poudre, disséminée dans les crevasses d'un glacier, produire une seiche à Genève. (*V.* les notes 12—27.)

# CHAPITRE III.

## DES DIVERS MOYENS D'AMÉLIORER LE RHÔNE.

---

### § 13.

**De l'alimentation du Rhône en basses eaux, au moyen du lac de Genève.**

Par la fonte des neiges et des glaces (*V.* le § 2) le lac de Genève s'élève quelquefois en été à $2^{m}.95$ (*V.* le § 19) au-dessus de ses plus basses eaux d'hiver. La superficie qu'il présente étant de 600 millions de mètres carrés (*V.* le § 2), on voit que ses volumes en hautes et en basses eaux diffèrent de 1770 millions de mètres cubes.

Or, la navigation des bateaux à vapeur sur le Rhône n'ayant été empêchée par les basses eaux, chaque année, depuis trois ans, que pendant quarante-cinq jours, et les jaugeages de ce fleuve, à Lyon, ne lui attribuant guère

qu'un produit de 235 mètres par seconde (*V.* le § 24), il s'ensuit qu'il ne s'écoule à Lyon en un jour d'eaux basses qu'environ 20,304,000 mètres cubes d'eau, et en quarante-cinq jours que 913,680,000. D'où il faut conclure que si l'on transformait le lac de Genève en réservoir destiné à l'alimentation du Rhône quand il est bas, on améliorerait considérablement la navigation de ce fleuve, puisqu'on aurait plus d'eau qu'il n'en faudrait, par exemple, pour doubler son produit.

Le lac de Genève peut donc être pour la France un moyen puissant de développer sa richesse territoriale. Mais, pour apprécier bien la valeur de ce moyen, il faut examiner le parti qu'on peut tirer des différents travaux propres à perfectionner le Rhône, afin de comparer les avantages et les inconvénients de chaque mode d'amélioration, de telle sorte que les ressources de l'État s'emploient aux choses les plus productives. C'est un des objets qui vont nous occuper.

---

## § 14.

**Du défaut de profondeur du Rhône en basses eaux, et des moyens de remédier à ce défaut sans recourir au réservoir du lac de Genève.**

M. l'ingénieur en chef Mondot de la Gorce a fait sonder le Rhône de Lyon à Arles, pendant l'étiage du printemps de 1840, lequel a présenté de très-basses eaux, et il a trouvé que sur 38 kilomètres seulement la profondeur était de moins de deux mètres, et qu'elle n'était en certains endroits que de $0^{m}.46$ (*a*).

Les projets dressés par M. l'ingénieur en chef O'Brien pour le Rhône, depuis Vienne, en aval de Lyon, jusqu'au Creux-du-Paradis, dernier des points que les bateaux peuvent atteindre à la remonte (*V.* le § 3), donnent toutes les profondeurs à l'étiage ; mais nous n'avons pas son travail entre les mains.

Nous supposerons que, depuis le Parc jusqu'à la mer, sur la longueur d'environ 490

---

(*a*) *V.* le rapport de M. Mondot, du 25 octobre 1840, soumis aux enquêtes à Lyon, et lithographié à l'occasion du pont du Change.

kilomètres (*V.* le § 5), les parties, considérées comme hauts-fonds, sur lesquelles on n'a pas à l'étiage 1$^{m}$.20 de hauteur d'eau, sont d'un huitième de cette longueur, ou de 60,000 mètres. Comme le haut Rhône est moins facilement navigable que le bas Rhône, notre supposition ne devra pas être bien éloignée de la vérité.

Pour atténuer les inconvénients de ces hauts-fonds, sans recourir à la réserve du lac de Genève, il faut ou draguer, ou créer un lit navigable bien fait, dans lequel les eaux resserrées aient plus de profondeur.

Nous allons examiner successivement ces différentes manières d'opérer.

---

## § 15.

### De l'emploi des draguages.

Ce moyen est celui qui se présente à l'esprit le plus naturellement; mais il a de graves inconvénients.

En admettant, comme dans le paragraphe précédent, que la longueur des hauts-fonds à draguer, pour avoir partout 1$^{m}$.20 d'eau en

étiage, soit de 60,000 mètres, et que la largeur à donner au chenal soit de 25, la hauteur moyenne à draguer de 0,30 et le prix de 1 f. 75 par mètre, la dépense annuelle serait de 877,500 fr., représentée par un capital de 17 millions et demi.

Mais avec cette dépense, obtiendrait-on une bonne navigation pour les bateaux? Non, ainsi qu'on va le voir.

D'abord, il est évident que les dragues, pendant qu'elles opèrent, occupent le chenal et empêchent ou gênent singulièrement la navigation. Ne travailleraient-elles que la nuit? Dans ce cas, l'enlèvement des hauts-fonds demanderait le triple de temps; ainsi la navigation n'obtiendrait la hauteur de mouillage voulue qu'après un très-long délai, et de plus la dépense serait augmentée.

Il faut considérer d'ailleurs que, dans un lit formé de galet mobile, les hauts-fonds se reforment, en partie du moins, à mesure qu'on les détruit.

Enfin, à chaque crue, le mal se reproduit avec toute l'étendue qu'il avait primitivement.

D'où il faut conclure que les draguages ne sont bons qu'à la condition de n'avoir à opé-

rer que sur de faibles masses de gravier, et conséquemment pendant un petit nombre de jours après chaque crue, encore la navigation et les dragueurs seraient-ils gênés pendant l'opération.

Mais il ne s'ensuit pas qu'il faille renoncer totalement au draguage; nous voulons seulement faire voir qu'un fleuve qu'il faudrait toujours draguer ne serait jamais propre à une navigation commode.

Nous ajouterons que ce n'est pas le tirant d'eau de $1^{m}.20$ que l'on demande. M. Mondot de la Gorce, dans le travail important cité plus haut, aurait voulu celui de deux mètres, et on s'accorde assez généralement pour désirer que l'on ait partout au moins la profondeur de $1^{m}.60$. Dans ce cas, il faudrait peut-être tripler ou quadrupler la masse annuelle à draguer, ce qui porterait l'affaire du draguage, employé comme seul moyen de salut, à la somme, en capital, de 40 à 50 millions. Et le chenal n'étant supposé que de 25 mètres, il serait, comme nous l'avons dit, comblé par les crues et continuellement entravé.

---

## § 16.

**De la création d'un lit mineur bien navigable, considérée sous le rapport de la dépense et sous celui de la durée de l'exécution des travaux.**

Le Rhône, dit-on, présente une si forte masse d'eau qu'il ne s'agit que d'arranger son lit de manière qu'en basses eaux l'écoulement, au droit des hauts-fonds, se fasse dans des parties suffisamment étroites pour que la profondeur acquière la hauteur voulue : c'est théoriquement très-exact.

Le fleuve n'a en réalité que deux besoins : l'un, c'est que les grandes eaux s'écoulent promptement; l'autre, c'est qu'en basses eaux on ait de la profondeur. Or, on satisfait à ce dernier besoin avec un lit mineur sinueux *mnpq* (*V.* la *fig.* 3), présentant beaucoup de développement, peu de pente par conséquent, peu de vitesse, et dans chaque profil, maintenu étroit par des digues, une grande hauteur d'eau. Quant au second besoin, on y satisfera par le moyen d'un lit majeur ABCA'B'C', formé de grandes lignes droites, ayant en certaines parties plusieurs kilomètres de longueur, dans lesquelles le fleuve, se

dirigeant par le chemin le plus court, aura de fortes vitesses et débouchera beaucoup d'eau.

Tout cela est certainement très-satisfaisant pour l'esprit; mais que de difficultés à vaincre dans la pratique! Bornons-nous ici à l'examen de la dépense, et faisons quelques hypothèses, vu que nous sommes dépourvus de données exactes.

La longueur des hauts-fonds a été portée, dans le précédent paragraphe, à 60,000 mètres, et si nous supposons que sur cette longueur il y en ait 20,000 qui soient placés dans des endroits où le fleuve ait plusieurs bras. Il suffira, pour avoir une bonne navigation sur ces 20,000 mètres, 1° de jeter toutes les eaux à l'étiage dans le bras qui aura le plus de développement (*b*), et où le courant ayant moins de vitesse devra prendre le plus de profondeur; 2° de draguer ce bras. La longueur des parties à rétrécir ne serait donc plus que de 40,000 mètres.

---

(*b*) Quand on projette des travaux d'amélioration de rivière, on préfère souvent le bras le plus direct parce qu'il est plus commode pour les bateaux; mais c'est presque toujours une faute.

| | |
|---|---|
| Le prix de l'établissement du lit mineur étant porté à 200 fr. par mètre, ce serait, pour les 40,000 mètres. . . . . | 8,000,000 fr. |
| Estimons les barrages des faux bras, dont l'exécution est toujours difficile, à. . . . . | 2,000,000 |
| Chemins de halage à établir auprès des nouveaux thalwegs. . . . . | 2,400,000 |
| Draguages à exécuter pendant la durée des travaux (*V.* le paragraphe précédent) estimés à. . . . . | 3,000,000 |
| Somme à valoir pour divers ouvrages, comme le Sault du Rhône, la traverse de Lyon, le pont Saint-Esprit, etc. . . . . | 2,600,000 |
| TOTAL. . . . . | 18,000,000 fr. |

Mais il faut remarquer qu'il y a des endiguements à faire sur les deux rives, d'une manière continue ou à peu près continue, pour fixer le lit dans de longues parties, comme à Culloz, au Chaffard, à Miribel, en amont de Valence, à la Voulte, etc., ce qui rend le chiffre de 18 millions beaucoup trop faible.

Aussi M. O'Brien, pour la seule partie de Seyssel à Vienne, a-t-il estimé la dépense à 15,800,000 fr., sans rien compter pour les draguages.

Nous ne serions pas surpris, d'après cela, qu'un projet complet s'élevât, en ne s'occupant que de l'intérêt du fleuve, et sans avoir égard

au besoin de garantie des propriétés, à 40 ou 50 millions, et même plus.

Admettons que cette dépense se réduise à 30 millions. Si l'allocation du Rhône était comme à présent de 800,000 fr. par an, il faudrait 38 ans pour faire les travaux; et si on la portait à 3 millions il faudrait 10 années, les projets étant supposés déjà faits.

Mais on n'amène pas, au moyen de digues à bon marché, un fleuve comme le Rhône à suivre dans des plaines une ligne donnée. Il faut qu'on attende qu'il vienne de lui-même, peu à peu, se placer sur cette ligne, et la question alors est de l'y fixer, en saisissant, avec des approvisionnements faits à l'avance, les rares moments où il se prête à des endiguements faciles. Ainsi, au lieu de 10 années d'exécution, il en faudrait peut-être compter 20, et nombre de tentatives devant rester infructueuses, les dépenses portées à 30 millions pourraient s'élever à beaucoup plus.

---

## § 17.

### De quelques autres difficultés à considérer dans la création d'un lit mineur pour le Rhône.

La question de doter le Rhône d'un lit mineur bien stable, et d'un lit majeur bien libre, est d'une si haute importance que 30 et même 60 millions seraient très-utilement employés à la résoudre pleinement. Mais les difficultés à vaincre pour parvenir à une bonne exécution sont bien nombreuses.

Il s'en présente une toute particulière de la Suisse au département de l'Isère. Dans cette partie, le Rhône limite la France et la Savoie, et l'on ne peut opérer qu'après des conférences dont l'objet est de satisfaire aux intérêts des deux États. Or, quelque bienveillants que soient les rapports de deux pays voisins, et quelque dévoués qu'ils soient l'un et l'autre aux progrès réclamés par le bien-être des peuples, on comprend que des transactions comme celles dont il s'agit causent tout au moins des pertes de temps.

Quant aux autres difficultés, elles se trouvent

indiquées dans le § 6; toutefois, il nous semble utile d'y revenir.

D'abord, pour bien faire les projets, il faudrait avoir de bons jaugeages du Rhône; il faudrait apprécier les longueurs du courant des parties à modifier, d'après les sinuosités que prendra le thalweg; il faudrait avoir des formules bien applicables aux fleuves à grande déclivité; il faudrait avoir étudié le régime depuis plusieurs années, au moyen de profils en long et en travers pris en basses eaux, et il faudrait connaître avec ces données la manière dont se comportent les hauts-fonds, toutes choses qui, en ce moment, font défaut à l'art, et ne pourront être obtenues qu'avec du temps et avec beaucoup de soin.

Un tiers environ des marchandises étant maintenant transporté par des bateaux ordinaires, qui sont halés par des chevaux, il faut que les nouveaux thalwegs soient à portée des chemins de halage, ce qui exige, ou que, dans beaucoup d'endroits, on refasse ces chemins avec de grandes dépenses, ou qu'on sacrifie jusqu'à un certain point les bonnes conditions dans lesquelles devrait être le thalweg.

Au-dessous de Lyon, les chemins de halage

sont presque partout des digues insubmersibles servant à garantir la propriété, et sur beaucoup de points ces digues sont tracées en ligne droite. Il s'ensuit que le lit mineur a forcément une grande pente, une grande vitesse et peu de profondeur. Quel changement fera-t-on à cet état de choses?

Il est d'autant plus difficile d'y toucher que la propriété a ses intérêts à ménager. Elle dispute au fleuve des terrains qui sont au-dessous du niveau des crues, et elle déploie une action vive et incessante pour que tous les travaux se résument en digues de garantie. Il est donc présumable qu'on n'évitera pas de détourner de leur objet une certaine partie des allocations faites en vue de la navigation. De là peut-être de fortes augmentations de dépense.

A ces inconvénients il faut ajouter que les routes et les chemins prenant de jour en jour plus d'importance on souhaite qu'ils soient commodes, bien tracés, insubmersibles, et pour cela on barre le lit majeur, on gêne le lit mineur, on établit des ponts plus ou moins nuisibles à la navigation, et puis il faut de l'argent pour remédier aux maux qu'on a

créés soi-même. De plus, on ne peut pas toujours détruire entièrement le mal qu'il aurait fallu prévenir.

Résulterait-il de tout cela que le prix des travaux serait tiercé; que leur durée serait de 15 ans, par exemple, au lieu de 10, et que le tirant d'eau, au lieu d'être de 1$^{m}$.20, ne serait que de 0$^{m}$.90 ou 1$^{m}$.00? C'est évidemment ce qu'on ne peut pas calculer. Mais ce qu'on peut dire, ce qu'on doit dire, c'est qu'il est très-difficile, et même impossible, probablement, de donner au service du Rhône la vigueur qui lui serait nécessaire pour lutter avec avantage contre les obstacles que nous venons de signaler.

Il serait donc heureux de trouver une voie au moyen de laquelle on pût opérer sans qu'on fût aussi fâcheusement soumis aux influences égoïstes, aux influences locales.

---

## § 18.

### Sur les bons résultats qu'on doit obtenir par la création du réservoir du lac de Genève.

Imaginons que le lac de Genève renferme une tranche d'eau disponible au moyen de laquelle on puisse augmenter le produit du Rhône quand ce produit est trop faible pour la navigation, de manière que le fleuve soit maintenu dans l'état où il se trouve aux époques où l'on dit qu'il est bien marchand, c'est-à-dire assez bas pour que sa rapidité ne soit pas gênante, et assez haut pour que les bateaux circulent et ne touchent pas.

Cela posé, voyons comment se feront les manœuvres du lac.

On saura de Lyon, par exemple, au moyen d'un télégraphe, que le Rhône est à telle hauteur, et qu'il faut donner telle quantité d'eau. L'agent placé à Genève augmentera ou diminuera le débouché du barrage qui retiendra les eaux du Léman, et il mettra dans le fleuve le produit d'eau demandé. Tout marchera avec cette simple manœuvre; et ce, nonobstant les influences des propriétaires, des mariniers, des

communes et des villes. Les eaux, une fois lâchées à Genève, suivront nécessairement la voie du Rhône, et elles y maintiendront un chenal d'autant plus profond qu'elles auront plus de masse. On n'aura pas besoin d'une énergie administrative, qui s'est éteinte avec l'empire et qui ne s'est pas rallumée en 1830, dont nous sommes privés pour longtemps, et à laquelle il faut suppléer par des travaux comme ceux de Genève, qui sont simples, grands, et qu'on ne peut pas en quelque sorte mal faire, parce que le public s'en occupe, et que l'honneur de quelques hommes s'y trouve attaché.

Il est d'ailleurs aisé de voir qu'avec la réserve du lac de Genève toutes les autres améliorations du Rhône seront facilitées, parce qu'on aura moins de hauts-fonds à draguer, un thalweg plus stable, etc., etc. (*V.* le chapitre VII), ce qui suffit pour que les intérêts particuliers aient beaucoup moins d'influence préjudiciable au bon emploi des fonds.

Qu'objecterait-on contre ce qui précède? Le lac de Genève ne pourrait-il renfermer une masse d'eau disponible suffisante? Les travaux seraient-ils trop chers? Nuiraient-ils aux contrées voisines des lieux où ils seront faits?

Les transactions diplomatiques nécessaires pour qu'ils soient approuvés seraient-elles impraticables? La suite va montrer que ces objections se résolvent facilement, et que les travaux à faire présenteraient des avantages dont nous n'avons point encore parlé.

# CHAPITRE IV.

## SUR LES DONNÉES A EMPLOYER DANS LES CALCULS SUIVANTS.

---

### § 19.

**Des limnimètres du lac de Genève, et des plus basses et plus hautes eaux de ce lac.**

On a donné le nom de *limnimètre*, ainsi que nous l'avons dit § 8, à l'instrument qui sert à mesurer les variations de hauteur d'eau du lac.

Autrefois les deux blocs de granit qu'on voit auprès de Genève, et qu'on appelle les *pierres de Niton* (*V.* le § 2), étaient les limnimètres grossiers qui, plus ou moins submergés, faisaient connaître l'état des eaux.

M. Pictet a fait établir sur l'une de ces deux pierres, au niveau des basses eaux qui furent observées en 1780, un bouton en fer servant de repère.

M. le colonel Dufour a placé depuis, sur la

seconde pierre, une échelle en fer divisée en pieds.

En 1806, M. Paul, alors directeur de la machine hydraulique, a établi en O (*V.* la *fig.* 5), contre cette machine, un flotteur surmonté d'une règle verticale divisée en pouces, au moyen de laquelle on juge, par un indicateur fixe, de la hauteur de l'eau. On a tenu, depuis 1806, note des hauteurs obtenues, et elles sont conservées dans un registre, comme nous l'avons dit § 7, à l'hôtel de ville de Genève.

Mais, le Rhône ayant une pente, le limnimètre de la machine ne donnait pas les hauteurs du lac. Aussi, il y a quelques années, et par les soins de M. Dufour, a-t-on établi à l'extrémité orientale P du grand quai un nouveau limnimètre, dit *du grand quai.*

Le zéro de ce limnimètre, indiqué sur la figure en $x$, à la cote $hx = 3^{m}.000$, est au même niveau que celui de l'échelle du Niton, et à 30 pouces 6 lignes ($0^{m}.826$) au-dessus du zéro $z$ du limnimètre de la machine, ce qui donne $lz = 2^{m}.174$.

La pente du Rhône, d'un de ces limnimètres à l'autre, a été trouvée en très-hautes eaux, de 14 pouces 6 lignes ($0^{m}.393$); de 9 pouces envi-

ron ($0^m.244$) en moyennes eaux (*a*), et nous la supposerons de 6 pouces 6 lignes ($0^m.176$) en très-basses eaux. Nous pourrons au moyen de ces chiffres rapporter d'un limnimètre à l'autre les cotes de hauteur du lac.

Il résulte des notes tenues depuis 1806 au limnimètre de la machine, que la moindre hauteur observée a été, le 8 avril 1830, de 19 pouces ($0^m.514$), et la plus grande, le 16 juillet 1817, de 120 pouces ($3^m.248$), ce qui donne 101 pouces ($2^m.734$) de différence. Si on ajoute à ce chiffre la différence $0^m.393 - 0^m.176 = 0^m.217$ des pentes en très-hautes et très-basses eaux, on aura $2^m.951$ pour la différence de hauteur des plus hautes et des plus basses eaux du Léman.

Ces chiffres placent en KH et en *k*B les pentes extrêmes du Rhône dans les crues et à l'étiage, et ils donnent

$$lk = 2^m.688,\ lK = 5^m.422,\ kB = 2^m.864 \text{ et } kH = 5^m.815.$$

Le Rhône, naturellement, ne monterait pas

(*a*) *V.* les *Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève*, tome VIII, 1re partie.

à des hauteurs aussi grandes que celles dont il vient d'être question. En effet, pour obtenir la chute qui fait mouvoir la machine, on a exécuté en amont un petit barrage à claire voie qui élève les eaux de quelques pouces, et qui évidemment soutient de ces quelques pouces toute la superficie du lac au-dessus du niveau qu'elle prendrait sans ce barrage.

Lorsque les eaux du Léman sont très-hautes, elles submergent divers terrains bas des cantons de Vaud et du Valais, ce qui donne lieu à des plaintes contre les modifications diverses que subit le barrage. L'exécution des limnimètres, comme celui du grand quai, exposés aux regards du public, et dont la ville de Genève a donné l'exemple (*b*), est ce qu'il y a de mieux pour juger des changements plus ou moins préjudiciables qui pourraient survenir dans les hauteurs du lac.

(*b*) Il y a un limnimètre à Vevay.

## § 20.

### Des nivellements du Rhône entre le lac de Genève et l'Arve.

M. Veinié nous a communiqué, en juillet 1840, un nivellement du Rhône fait par M. Janin, le 27 juin 1837.

Au moment où l'on a fait ce nivellement, le limnimètre de la machine était à la cote 66 pouces ($1^m.787$), et on a trouvé, depuis le limnimètre du grand quai jusqu'au confluent de l'Arve. . . . . $3^m.045$

La vérification ayant été faite, elle a donné. . . $3^m.002$

Différence. . . . . $0^m.043$

La pente de $3^m.045$ doit donc être considérée comme bonne, et M. le colonel Dufour nous a confirmé dans cette opinion (*c*).

Cependant, pour n'avoir aucun doute, nous avons fait faire en 1840 un nivellement exprès. On a piqueté la ligne soigneusement, et on a commencé le 19 septembre (*d*) au limnimètre du grand quai. Ce limnimètre était à

(*c*) Nous croyons que le nivellement de M. Janin est celui qui se trouve coté sur les belles cartes du canton de Genève.

(*d*) Il se pourrait qu'il y eût ici erreur d'un jour.

la cote 45 pouces ($1^m.218$), ou, ce qui revient au même, le limnimètre de la machine était à la cote $45° + (30° + 6^{li}) - 9° = 66° + 6^{li}$ : c'est-à-dire que les eaux ne différaient que de 6 lignes de celles du 27 juin 1837. Le profil L'M'N'O'P' (*V.* la *fig.* 5) résulte des cotes obtenues, et la pente qu'elles donnent de P' en M' est de $2^m.970 = hP' - mM' = 4^m.218 - 1^m.248$, ce qui ne diffère des résultats obtenus par M. Janin, dans ses deux nivellements, que des hauteurs négligeables de 75 et 32 millimètres.

Mais il faut remarquer que les cotes de l'eau étaient prises à mesure qu'on avançait vers l'Arve, et que les 17 et 18 il y avait eu des pluies extraordinaires, de sorte que ni l'Arve ni le Rhône, du matin au soir, ne sont restés au même niveau. Les variations du lac en temps ordinaire n'excédant jamais 2 pouces, et en temps de grande pluie n'excédant pas 4 à 5 pouces, il est aisé de voir que l'état de crue où était l'Arve ne pouvait que diminuer la pente. Pour avoir des résultats exacts, nous nous étions proposé de faire prendre les hauteurs de l'eau, à chaque repère, dans un moment où le Rhône et l'Arve auraient été bien stables; mais

notre retour pressé à Paris ne nous l'a pas permis.

Il demeure toujours bien constaté que la pente, depuis le lac jusqu'à l'Arve, le limnimètre du grand quai étant à la cote 45 pouces, est au moins de 3 mètres.

Nous admettrons que, pour cette cote de 45 pouces, elle est exactement, comme le nivellement du 19 septembre 1840 la donne, de $2^{m}.970$ : c'est le chiffre qui se trouve le plus désavantageux aux résultats que nous cherchons.

---

## § 21.

### Des jaugeages du Rhône à Genève.

M. le colonel Dufour, à qui la ville de Genève doit plusieurs beaux ouvrages, notamment le grand pont, a fait le 24 septembre 1840 un jaugeage du Rhône à un mètre en amont de la nouvelle machine hydraulique. Le limnimètre du grand quai était à la cote 62 pouces ($1^{m}.678$) ; on a considéré le profil du fleuve comme composé de quinze parties, pour chacune desquelles on a mesuré trois vitesses, et

on a obtenu pour le produit total 424 mètres cubes.

Nous avions besoin du jaugeage en hautes et en basses eaux, et nous avons choisi pour opérer le point indiqué par la lettre N sur la *fig.* 5, parce qu'en ce point le courant est assez régulier, et que les filets d'eau ont des directions moins divergentes probablement que tout auprès et en amont de la machine hydraulique. La largeur du fleuve a été divisée en sept parties, six de 10 mètres du côté droit et une de 5 du côté gauche, en total 65 mètres, et les sondages, à partir de la droite, ont donné les cotes $3^m.30$; $5^m.60$; $5^m.20$; $5^m.00$; $3^m.60$ et $1^m.70$, ou $239^m.75$ de section. L'opération se faisait en septembre 1841, le limnimètre du grand quai étant à la hauteur de 58 pouces 6 lignes ($1^m.584$). Mais nous fûmes obligés d'abandonner cette opération et de revenir à Paris. Elle a été reprise le 26 juillet 1841, avec M. l'ingénieur Goux, qui, le le limnimètre étant à 82 pouces 6 lignes ($2^m.233$), trouva la vitesse à la surface de $2^m.14$, ce qui porte la vitesse moyenne, par la réduction du cinquième, au chiffre de $1^m.71$. La différence de 24° ($0^m.650$), des hauteurs

des limnimètres, exigeant que la section soit augmentée du produit de $0^m.650$ par la largeur $65^m$ de cette section, c'est-à-dire de $42^m.24$, la section à employer dans le calcul est de $281^m.99$, ce qui donne pour le produit du Rhône, le limnimètre étant à 82 pouces 6 lignes, le chiffre, en nombre rond, de 482 mètres cubes.

Pour voir bien comment ce résultat s'accorde avec celui de M. Dufour, supposons que le 26 juillet 1841 le limnimètre, au lieu d'être à la hauteur de 82 pouces 6 lignes, ait été à celle de 62 pouces du 24 septembre 1840. La différence entre ces deux hauteurs étant de 19 pouces 9 lignes, ou de $0^m.528$, le rectangle $0.528 \times 65 = 34.32$, à ajouter à $239^m.75$, aurait donné $274^m.07$ pour la section; laquelle, en supposant que la vitesse moyenne $1^m.71$ ne doive pas être diminuée, ce qui ne peut pas causer une erreur bien notable, conduit en nombre rond au produit de 469 mètres cubes. C'est donc 45 mètres de plus que M. Dufour n'a obtenu; mais comme l'intumescence des eaux est plus forte auprès du lac qu'en aval de Genève, ainsi que nous l'avons dit § 19, le chiffre $0^m.528$ employé plus haut est

certainement trop fort. Il faut conclure de là que l'opération que nous avons fait faire s'accorde à peu près avec celle de M. Dufour, mais que notre résultat, cependant, paraît un peu élevé.

Passons à la question d'avoir les produits en hautes et en basses eaux. Faute d'observations directes, force nous sera d'opérer avec les données précédentes.

Nous emploierons, pour trouver ces produits, un principe qui sera démontré plus loin (*V.* le § 40), et qui consiste en ce que, pour deux états du fleuve, dans un endroit où les berges sont à peu près verticales, comme en N, les cubes des hauteurs réduites des sections sont entre eux dans la proportion des carrés des produits. Cherchons donc les hauteurs réduites du jaugeage du 25 juillet correspondantes aux hautes eaux et aux basses eaux.

D'après ce qu'on a vu plus haut, la section, le 26 juillet, était de $281^{m}.99$, et la largeur étant de 65 mètres, la hauteur réduite se trouvait nécessairement de $4^{m}.338$ : c'est un des chiffres cherchés.

Le même jour, 26 juillet, la cote des eaux était au limnimètre du grand quai de

82° — 6li. = 2m.233; et comme la cote *hx* du zéro *x* de ce limnimètre est de 3 mètres (*V.* le § 19), la cote des eaux, par rapport au plan *mh*, était de 5m.233. Or, les cotes *h*H et *h*B sont respectivement égales à 5m.815 et à 2m.864 (*V.* le § 19); donc, à l'endroit du limnimètre du grand quai, les plus hautes eaux se trouvent à 5m.815 — 5m.233 = 0m.582 au-dessus des eaux du 26 juillet, et les plus basses eaux à 5m.233 — 2m.864 = 2m.369 au-dessous des mêmes eaux du 26 juillet.

Cela posé, nous remarquerons que les pentes qui servent à rapporter les chiffres du limnimètre du grand quai au limnimètre de la machine réduisent la hauteur 0m.582 + 2m.369 = 2m.951 à 2m.734 (*V.* le § 19), et que, dans cette proportion, les chiffres 0m.582 et 2m.369 se réduisent à 0m.539 et à 2m.195. Prenons ces chiffres pour les différences de hauteur en N des plus hautes et des plus basses eaux avec la hauteur que le fleuve présentait le 26 juillet.

La hauteur réduite de la section sera égale, savoir :

Pour les plus hautes eaux, à 4m.338 + 0m.539 = 4m.877;

Pour les eaux du 26 juillet, à $4^{m}.338$;

Pour les plus basses eaux, à $4^{m}.338 - 2^{m}.195 = 2^{m}.143$.

Et d'après le principe énoncé plus haut, nous poserons les deux proportions,

$$\overline{4.338}^{3} : \overline{4.877}^{3} :: \overline{482}^{2} : P^{2},$$
$$\overline{4.338}^{3} : \overline{4.143}^{3} :: \overline{482}^{2} : p^{2},$$

dans lesquelles P et $p$ représentent les produits respectifs des plus hautes et des plus basses eaux, ce qui conduit à

$$P = 595 \quad \text{et} \quad p = 167.$$

Examinons maintenant jusqu'à quel point ces chiffres peuvent être satisfaisants. En premier lieu, on remarquera que le produit 482 mètres des eaux du 26 juillet étant vraisemblablement trop fort, les valeurs précédentes, déduites de ce produit, doivent aussi être trop élevées. On remarquera, en second lieu, que cette espèce d'intumescence que le lac doit avoir pour produire la vitesse d'écoulement dans le lit du Rhône, ne s'arrête sans doute pas à l'endroit de la machine, et qu'au con-

traire elle se prolonge au-dessous de cette machine, de sorte que le chiffre $0^m.582$ doit se réduire à un chiffre plus faible que le chiffre $0^m.539$, ce qui est un second motif de supposer le produit obtenu 573 trop élevé. Enfin, en ce qui concerne le produit 167, on remarquera que la profondeur du thalweg, dans le profil N, étant de $5^m.60$, tandis qu'en amont, à l'endroit de la coulouvrenière, elle est beaucoup moindre, il doit arriver que, à mesure que le volume d'eau diminue, la pente à la surface augmente et se rapproche de celle du fond. Donc, le chiffre $2^m.369$, qui se réduit à $2^m.195$, d'un des limnimètres à l'autre, doit ensuite augmenter. Le chiffre employé $2^m.143$ serait donc trop fort, et conséquemment la valeur 197 de $p$ aussi trop forte.

On nous a dit qu'un jaugeage fait en février 1837 n'avait donné que 72 mètres. Nous croyons que c'est un chiffre trop faible.

Mais, pour que nous soyons, autant que possible, à l'abri de toute objection, nous prendrons

$$P = 600 \quad \text{et} \quad p = 150 :$$

c'est-à-dire qu'au lieu de réduire P à 550 ou 560 mètres, et $p$ à 120 ou 130, ce qui serait avantageux à nos recherches, nous augmenterons la valeur 575 de P de 25 mètres, et nous ne réduirons celle de $p$ que de 17 mètres.

---

## § 22.

### Des jaugeages du Rhône à Chancy et sur le territoire français.

Le Rhône en aval de l'Arve a été jaugé, savoir :

*A Chancy*, par M. Goux. Il paraît que les eaux étaient hautes; le produit s'est trouvé de 649 mètres.

*Au Parc*, par M. Goux. Le produit en eaux hautes a été de 720 mètres.

*A Seyssel.* L'opération, qui n'était vraisemblablement qu'un aperçu, a donné,

| | | |
|---|---|---|
| Pour les basses eaux. . . . | 304 | mètres. |
| Pour les hautes eaux. . . . | 1230 | » |

*Au sault du Rhône*, par M. Goux. Il a trouvé,

| | |
|---|---|
| Pour les basses eaux. . . . | 220 mètres. |
| Pour les hautes eaux. . . . | 1800 » |

*A Lyon.* On estimait il y a quelques années le produit dans cette ville, et en basses eaux, à 225 mètres : nous présumons que ce chiffre est celui que M. de Prony a employé dans les calculs qui ont été faits en 1825 relativement à la digue de la Guillotière, ci. 225 mètres.

M. Garella, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées, a trouvé les 2 et 3 avril 1839, en opérant vis-à-vis Perrache, au droit d'une île, et le Rhône étant à 0m.04 au-dessus de l'étiage, le produit de. . . . . 320 mètres.

M. Mondot de la Gorce, d'après les observations qu'il a faites le 31 octobre 1840, au moment des plus fortes eaux de la grande inondation, porte le produit de 5,600 à 6,200 mètres. Mais le chiffre 1,860 mètres, obtenu par M. Goux au Sault du Rhône, ne paraît pas permettre d'adopter même le plus bas des deux chiffres de M. Mondot, parce qu'il faudrait que l'Ain donnât plus de 2,500 à 3,000 mètres, ce qui n'est guère admissible.

*A la Voulte.* M. Josserand, ingénieur en chef des ponts et chaussées, a trouvé pour l'étiage 420 mètres.

*A Malmouche.* Le même ingénieur a trouvé 425 mètres.

*En amont d'Avignon.* M. Bouvier, ingénieur en chef directeur des ponts et chaussées, a trouvé en mars 1840, à l'amont de l'île de la Barthelasse, et conséquemment en amont de l'embouchure de la Louvèze, un produit de 456$^{m}$.66.

Parmi ces jaugeages, ceux de M. Goux, qui sont les derniers faits, celui de 225 mètres à Lyon, et ceux de MM. Josserand et Bouvier, donnent les chiffres dont nous tâcherons de nous rapprocher dans le choix que nous ferons § 24.

---

## § 23.

### Des jaugeages des divers affluents du Rhône.

1° *l'Arve.* Suivant M. O' Brien, le produit de l'Arve à l'étiage est de 38 mètres, et en hautes eaux de 354 mètres.

2° *l'Ain.* Des opérations faites vraisemblablement par aperçu ont donné,

| | | |
|---|---|---|
| A l'étiage. . . . . | 88 | mètres. |
| En hautes eaux. . . . | 1795 | » |

On ne peut pas supposer pour l'étiage un chiffre de 88 mètres, qui dépasserait celui de la Saône, et il est nécessaire d'en admettre un plus fort que 1795 mètres, en grandes eaux, afin de se rapprocher des chiffres donnés par M. Mondot, pour la grande crue de 1840 à Lyon (*V.* le § précédent).

3° *La Saône.* M. Laval a trouvé aux îles Roy, en 1839, pour le produit d'étiage 70 mètres.

M. Mondot de la Gorce a trouvé que le produit de la grande crue de 1840, au moment où la hauteur, le 5 novembre, dépassait de 2$^{m}$.17 les plus hautes eaux connues, était de 3,600 mètres au moins et de 4,500 mètres au plus. Selon lui, le volume du Rhône aurait été porté à l'aval de Lyon à 10,000 mètres, si les hautes eaux de ce fleuve avaient coïncidé avec celles de la Saône.

4° *L'Isère.* Cette rivière a plus de pente que le Rhône, et par sa rapidité elle doit présenter un produit plus fort que ne le ferait supposer son profil. Nous ne pouvons donner les jaugeages que d'après des renseignements pris sur sur les lieux, par aperçu. Nous estimons;

Le produit des plus basses eaux à. . . . 246 mètres.
Et celui des plus fortes à. . . . . 900 »

*La Louvèze.* D'après M. Bouvier, cette rivière, qui reçoit la Sorgue, dans laquelle se jettent les eaux de la fontaine de Vaucluse, porte au Rhône à l'étiage par diverses embouchures sur le territoire d'Avignon un volume d'eau de 10 mètres.

6° *La Durance.* On est peu d'accord sur le produit de la Durance. M. Bouvier l'a trouvé, le 26 août 1839, de 20$^{m}$.61. Un jaugeage fait à Mirabeau a donné, en très-basses eaux, 80 mètres, et comme on prend au-dessous de ce lieu, pour le canal de Marseille, pour le canal de Craponne, et pour les arrosages 44 mètres, dit-on, sur ces 80, il arriverait au Rhône, d'après ce jaugeage, un produit de 36 mètres.

7° *Le Gard.* Suivant quelques renseignements nous porterons son produit d'étiage à 2 mètres.

## § 24.

### Du choix des chiffres à adopter provisoirement pour les jaugeages du Rhône.

Voici le tableau des chiffres qui nous ont semblé pouvoir être déduits de ceux qui précèdent (*V.* les §§ 20, 21 et 22), en mettant par aperçu les produits des petits affluents. Dans ce tableau, nous désignons par $k$, pour chaque cours d'eau, le rapport des produits en très-grandes et en très-basses eaux.

| DÉSIGNATION DES COURS D'EAU. | TRÈS-BASSES EAUX | | Nombre *k*. | TRÈS-HAUTES EAUX | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Pour chaque cours d'eau. | Pour l'étiage du Rhône. | | Pour chaque cours d'eau. | Pour les grandes crues du Rhône. |
| *Le Rhône à Genève.* . . . | 150 | 165 | (4) | 600 | 200 |
| L'Arve. . . . . | 30 | 30 | 20 | 500 | 530 |
| La London et la Valserine. | 8 | 5 | 120 | 360 | 270 |
| *Le Rhône au Parc.* . . . | » | 200 | (5) | » | 1000 |
| Les Usses, le Fier, le Séran, le Furan, le Guiers, la Bourbre et plusieurs autres cours d'eau. . . . . | 10 | 18 | 180 | 1800 | 1400 |
| L'Ain. . . . . | 12 | 17 | 240 | 2880 | 2600 |
| *Le Rhône à Lyon.* . . . . | » | 235 | (21) | » | 5000 |
| La Saône. . . . . | 70 | 85 | 50 | 3500 | 3000 |
| L'Isère. . . . . | 45 | 56 | 20 | 900 | 700 |
| L'Ozon, le Vaux, la Gère, la Varaise, le Rivet, le Bancel, la Galaure, la Viore, la Drôme, le Roubion, la Riaille, la Bère, la Louzon, le Lez, l'Aigues, l'Iseron, le Garon, le Mornantay, le Gier, le Limony, le Chamoison, l'Egoulet, la Coyet, le Day, l'Ozon, le Doux, l'Ouvesse, l'Escoutay, le Valechaud, l'Ardèche, la Cèse, et beaucoup d'autres petits cours d'eau. . | 36 | 60 | 100 | 3600 | 2500 |
| La Louvèze. . . . . | 10 | 20 | 100 | 1000 | 800 |
| *Le Rhône à Avignon.* . . | » | 456 | (26) | » | 12000 |
| La Durance. . . . . | 30 | 36 | 100 | 3000 | 1700 |
| Le Gard et divers canaux et ruisseaux. . . . . | 4 | 8 | 100 | 400 | 300 |
| *Le Rhône à son embouchure.* . . . . . | » | 500 | (28) | » | 14000 |

Il est bien évident que nos données sont trop peu précises pour permettre que le tableau précédent soit d'une exactitude satisfaisante. C'est le modèle d'un travail nécessaire, et sans lequel les travaux du Rhône mériteront toujours le reproche d'être mal entendus : mais ce n'est qu'une ébauche. Cependant on va voir qu'elle est moins défectueuse qu'on ne doit le supposer au premier coup d'œil.

Il faut considérer, en examinant ce tableau, que le bassin du Rhône comprend deux ordres de cours d'eau, ceux comme le Rhône, l'Arve, l'Isère et la Durance, qui descendent des glaciers, et ceux comme l'Ain, la Saône, etc., qui coulent sur des terrains où les neiges n'existent que pendant un ou deux mois. Les premiers ont leurs eaux basses en hiver et les derniers en été, d'où il suit que, lors de l'étiage du fleuve, si les uns sont au plus bas, les autres sont loin d'y être. De même, dans les grosses eaux, les uns éprouvent leurs grandes crues et les autres des crues modérées. Il résulte de là que sur le Rhône il y a deux époques d'étiage, la fin de l'hiver et la fin de l'été.

Cela posé, nous remarquerons,

Premièrement, que deux jaugeages en deux endroits du Rhône, pendant l'étiage, doivent présenter une différence plus forte que la somme des produits d'étiage des affluents compris entre ces deux endroits : c'est un premier moyen de correction d'erreurs.

Secondement, que dans les grandes crues, deux jaugeages, en deux points du Rhône, doivent différer entre eux de moins que la somme des produits des affluents en grosses eaux : c'est un second moyen de correction.

Troisièmement, que les rapports $k$ des produits en grosses eaux et en basses eaux doivent différer d'autant plus, pour deux cours d'eau donnés, que les bassins de ces cours d'eau diffèrent eux-mêmes davantage en étendue et en déclivité, ce qui permet de rectifier, jusqu'à un certain point, les produits en basses eaux, et réciproquement les valeurs du rapport $k$ : c'est un troisième moyen de correction.

Quatrièmement, que le Rhône, à mesure qu'il reçoit dans son cours de nouveaux affluents, se trouve de plus en plus soustrait à l'action par laquelle le Léman modère les crues (*V.* le § 2), et que, en conséquence, le rapport $k$ du produit des basses et des hautes

eaux de ce fleuve s'accroît à chaque nouvel affluent qu'il rencontre : c'est un quatrième moyen de correction.

Cherchons maintenant, avec le secours de ces principes, à coordonner les produits d'étiage du Rhône à Genève, au Parc, à Lyon, à Avignon et à l'embouchure du fleuve.

D'abord, nous remarquerons que les cours d'eau qui dominent dans la question sont ceux du Rhône, de l'Arve, et de l'Isère, c'est-à-dire ceux qui, venant des glaciers, ont leurs eaux basses en hiver. D'après cela, nous avons dû prendre pour le produit de Genève un chiffre 165 mètres très-peu au-dessus de celui des plus basses eaux.

Et comme M. Goux n'a trouvé au Sault du Rhône que 220 mètres, ce qui s'accorde à peu près avec le chiffre 225 mètres admis pour Lyon pendant longtemps, nous avons dû nous rapprocher le plus possible de ces chiffres, ce qui nous a conduits à réduire l'Arve à 30 mètres ; car l'Ain ne nous a pas paru pouvoir être mis au-dessous de 15 à 20, et il fallait compter quelque chose pour les petits affluents.

La Saône, de même que l'Ain et les petits cours d'eau, n'étant jamais au plus bas à l'é-

poque de l'étiage du Rhône et de l'Arve à Genève, et l'Isère ainsi que la Durance recevant à cette même époque une assez notable quantité d'eau des terrains situés au-dessous des grandes montagnes, nous avons cru devoir porter pour la Saône, l'Isère et la Durance les chiffres 85, 56 et 36 mètres.

Le chiffre du Rhône se trouvant, d'après ce qui précède de 235 mètres, et les petits affluents parmi lesquels figurent la Gère, la Drôme, l'Aigues, l'Ouvesse et l'Ardèche, étant en grand nombre et donnant ensemble un chiffre qu'on ne peut guère en basses eaux mettre au-dessous de 60 mètres, nous sommes arrivés pour Avignon au chiffre de 456 mètres, lequel s'accorde assez bien avec les jaugeages de M. Josserand et de M. Bouvier (*V.* le § 22).

Pour les grandes eaux, M. Mondot ayant porté le produit à Lyon, au moins, à 5600 mètres, il nous a semblé que nous ne pouvions pas abaisser ce produit au-dessous de 5000 bien que nous soyons obligés par là d'admettre pour l'Ain le chiffre fort élevé de 2600 mètres, et de compter pour le Rhône au Parc 1000 mètres de produit, tandis que M. Goux n'en porte que 720. Et l'on remar-

quera encore que nous ne donnons au Rhône à Genève que 200 mètres, ce qui sera peut-être suffisamment justifié, si l'on fait attention que les très-grandes crues du Rhône arrivent à une époque où les eaux du lac, en général, ne sont pas fortes.

Au delà de Lyon, quant aux grandes eaux, nos chiffres sont choisis d'une manière presque entièrement arbitraire. Toutefois, en donnant au nombre $k$ des valeurs qui, pour chaque cours d'eau, sont en harmonie avec celles des cours d'eau analogues du haut Rhône, nous nous sommes probablement tenus à peu de distance de la vérité.

# CHAPITRE V.

## DU PROJET A EXÉCUTER A GENÈVE POUR CRÉER UNE RÉSERVE D'EAU DANS LE RHÔNE.

---

### § 25.

**Du volume d'eau que nous supposerons emmagasiné dans le réservoir.**

Nous avons tâché d'évaluer dans le chapitre précédent les volumes d'eau que le Rhône transporte en basses eaux et en hautes eaux, et nous sommes arrivés, pour les très-basses eaux, aux chiffres de la seconde colonne du tableau suivant.

| DÉSIGNATION DES LIEUX OÙ LE RHÔNE est considéré. | PRODUITS D'EAU | | | Rapports des produits qu'on aura aux produits que nous admettons. |
|---|---|---|---|---|
| | Calculés plus haut. | Que nous admettons. | Qu'on aura avec la réserve. | |
| Genève. . . . . | 165 | 200 | 460 | 2.30 |
| Le Parc. . . . . | 200 | 230 | 490 | 2.13 |
| Lyon. . . . . | 235 | 260 | 520 | 2.00 |
| Avignon. . . . . | 456 | 480 | 740 | 1.54 |
| Arles. . . . . | 500 | 520 | 780 | 1.50 |

Mais les chiffres de notre seconde colonne, notamment pour Genève, le Parc et Lyon, n'ayant pas été déterminés par des expériences bien décisives, nous croyons, pour nous mettre à l'abri de tout reproche, devoir les augmenter ici respectivement de 35, 30, 25, 24 et 20 mètres, ce qui nous donne les chiffres de la troisième colonne. Il est présumable qu'avec l'augmentation dont il s'agit, les valeurs de nos produits seront au-dessus de celles que l'avenir fera connaître.

Cela posé, admettons qu'au moyen du réservoir de Genève le Rhône à Lyon soit doublé, ou, ce qui revient au même, que les produits du Rhône à l'étiage soient augmentés

sur toute sa longueur de 260 mètres; on aura les nombres de la quatrième colonne.

Quant aux nombres de la dernière, ils expriment les rapports de ceux de la quatrième à ceux de la cinquième. Ils font voir que le fleuve à Genève et au Parc serait plus que doublé; qu'il serait à Avignon augmenté de 54 centièmes, et à son embouchure de moitié. On appréciera plus loin les avantages de ces augmentations (*V.* le chapitre VII).

Le produit d'étiage devant être porté à Lyon à 520 mètres par le tirage des 260 mètres pris dans la réserve, il est clair que, dans les très-basses eaux, le lac fournira ce qu'il fournissait plus 260 mètres, ou $200 + 260 = 460$.

Lorsque le Rhône à Lyon aura de lui-même 520 mètres, on ne prendra rien encore dans la réserve; s'il n'a que 500 mètres, elle en fournira 20, et jamais elle n'en fournira, dans notre hypothèse, plus de 260. Donc le produit qu'elle fournira, en moyenne, sera un chiffre compris entre zéro et 260 mètres. Si nous estimions ce produit moyen à $\frac{260}{2} = 130$, ce serait supposer que le Rhône décroît en proportion arithmétique, et ce serait inexact, car il se main-

tient ordinairement plus longtemps à l'étiage qu'aux hauteurs comprises entre les moyennes eaux et les basses eaux. Pour tenir compte de cette circonstance, nous supposerons que le produit moyen tiré de la réserve, dans une même période de basses eaux, soit égal aux deux tiers du nombre 260, ou à 174 mètres, ce qui fait par jour un tirage de 15 millions de mètres cubes.

Admettons que le volume de la réserve soit d'un milliard de mètres, ou que, la surface du lac étant de 600 millions de mètres carrés (*V.* le § 2), la hauteur de la retenue soit de $1^{m}.67$; il est clair que, à raison de 15 millions de mètres par jour, elle fournira des eaux pendant 67 jours.

On peut déjà par ce chiffre apprécier l'importance de la réserve (*V.* la note 8).

Mais pour calculer le chiffre précédent, nous avons fait les hypothèses les plus désavantageuses, et l'on peut remarquer qu'il devra être augmenté, premièrement, si le jaugeage des plus basses eaux du Rhône est à Genève de moins de 200 mètres, ou à Lyon au-dessous de 260; secondement, si la hauteur de la réserve est de plus de $1^{m}.67$; troisièmement, si le chô-

mage a lieu en plusieurs fois, de façon que la réserve se remplisse en plus ou moins grande partie dans l'intervalle d'un chômage à l'autre; quatrièmement, enfin, s'il existe, selon la théorie des seiches développée § 8, des lacs souterrains communiquant avec le lac de Genève.

Il est bien certain que les interruptions de la navigation du Rhône ne se réunissent pas dans un chômage unique. Les notes tenues à Lyon sur la hauteur des eaux permettront de faire, pour un projet définitif, des évaluations bien raisonnées sur cette matière : nous ne nous sommes pas arrêtés à ce travail.

Toutefois, on doit reconnaître que la puissance de notre réservoir sera plus grande que nous ne le supposons; que ce réservoir fera face aux besoins pendant plus de 67 jours, et même qu'il est très-possible qu'il donne plus d'eau qu'il n'en faut pour doubler le produit du Rhône à Lyon pendant toute la durée que peuvent avoir les chômages dans les années les plus fâcheuses.

## § 26.

### De l'écoulement des eaux à Genève, quand on usera de la réserve.

Il faut, suivant les suppositions faites plus haut, qu'on puisse tirer de la réserve 460 mètres cubes d'eau par seconde. Or, il est évident que lorsqu'elle sera pleine et que l'on commencera le tirage, on aura à sa disposition la chute entière de $1^{m}.67$, et qu'on sera dans des conditions d'écoulement plus avantageuses que lorsqu'il s'agira de tirer de cette réserve en une seconde les 460 derniers mètres de sa couche inférieure. Plaçons-nous toutefois dans cette dernière hypothèse, puisque c'est la plus embarrassante; mais remarquons bien qu'elle ne se réalisera que très-rarement, parce que l'on n'aura besoin de donner 460 mètres que dans le cas des eaux excessivement basses et telles que le limnimètre de la machine descende à 19 pouces, ce qui ne s'est vu qu'une fois depuis 1806 (*V.* le § 19), et parce que le dernier jour du tirage ne sera presque jamais justement un jour de plus basses eaux.

Cela posé, nous supposerons que le Rhône soit divisé en trois parties,

La première du confluent de l'Arve à l'île de Genève; la seconde, le long de cette île, et la troisième de l'île au lac.

Nous adopterons les notations de M. de Prony (*a*), et en conséquence,

Q désignera le produit par seconde;
$\lambda$ la longueur;
$\omega$ la section d'eau;
$\chi$ le périmètre mouillé;
R le rayon moyen;
I la pente par mètre;
U, enfin, la vitesse moyenne.

Le lac prenant, en amont de la troisième partie, une intumescence qui produit la vitesse, ou du moins qui accélère considérablement le mouvement des eaux du lac, on doit craindre que le défaut de régime n'empêche les formules de s'appliquer à cette troisième partie, et en conséquence nous ne ferons les calculs que pour les deux premières parties.

---

(*a*) *Recherches physico-mathématiques sur la théorie des eaux courantes*, tableau compris entre les pages 30 et 31.

Nous admettrons que le lit du fleuve ait été approfondi par des draguages; que la section soit devenue trapézoïdale; que la profondeur ait été portée à 4 mètres, et que les talus, inclinés à deux de base pour un de hauteur, aient 9 mètres pour leur longueur de rampe.

Nous avons obtenu au moyen du plan (*fig.* 5), ou par des calculs très-simples, les valeurs de $\lambda$, $\omega$, $\chi$ et R. La question étant de satisfaire à l'écoulement de 460 mètres par seconde, et, connaissant les sections, nous avons déterminé les vitesses U; les tables de M. Prony nous ont donné les produits RI, qui correspondent à U, et les pentes ont été déduites de RI; puis nous avons calculé les pentes $\chi$I, ce qui nous a donné le tableau suivant, dans lequel la somme calculée de ces dernières pentes est de $0^m.409$.

| DÉSIGNATIONS DIVERSES. | 1re PARTIE. | 2e PARTIE. |
|---|---|---|
| Longueur $= \lambda$. . . . . | 1500 | 250 |
| Largeur du lit. . . . . | 80 | 54 |
| Section $= \omega$. . . . . | 288 | 184 |
| Périmètre mouillé $= \chi$. . . . . | 82 | 56 |
| Rayon moyen $= \frac{\omega}{\chi} = R$. . . . . | 3.512 | 3.286 |
| Vitesse moyenne $= U = \frac{\text{le produit}}{\omega}$ (*b*). | 1.597 | 1.250 |
| RI, d'après les tables. . . . . | 0.0008630 | 0.0005384 |
| Pente par mètre $= \frac{RI}{R} = I$. . . . . | 0.000246 | 0.000164 |
| Pente $= \lambda I$ sur la longueur partielle $\lambda$. | 0.3684 | 0.0410 |
| Somme des pentes partielles. . . . . | 0.409 | |

Au moyen du nivellement du 19 septembre 1840 (*V*. le § 20), et au moyen du jaugeage du 26 juillet 1841 (*V*. le § 21), nous avons rapporté ces pentes sur la *fig*. 5. Ce jaugeage

(*b*) Pour la première partie $U = \frac{460}{\omega}$. Pour la seconde, nous ne considérons qu'un bras, le plus étroit, et nous ne prenons pour ce bras que le produit 230, ce qui évidemment conduit à une pente I plus forte que si nous faisions le calcul en considérant les deux bras, chacun avec sa largeur.

ayant donné 482 mètres pour une hauteur de 82° 6li. = 2m.233, du limnimètre du grand quai, et le volume d'eau à écouler ici étant de 460 mètres ou de 22 mètres de moins, qui, avec la vitesse moyenne obtenue correspondent à 12m.86 de section, on voit que, pour la largeur de profil de 65 mètres, la hauteur d'eau doit être diminuée de 0m.20, et la hauteur du limnimètre d'autant, ce qui réduit cette dernière hauteur à 2m.033. Et comme le limnimètre était le 19 septembre 1840 à la hauteur de 45 pouces = 1m.218, on trouve que le Rhône, quand son produit est de 460 mètres, doit être à 2m.033 — 1m.218 = 0m.815 au-dessus du nivellement L'M'N'O'P' du 19 septembre. Si donc on porte 0m.815 de M' en A, le point A sera le niveau de l'eau, à l'embouchure de l'Arve, pour les époques où le Rhône donne 460 mètres, et la cote de ce point A sera de 0m.815 + 1m.248 = 2m.063.

En prenant le point C dans la verticale *c*C à 0m.368 au-dessus du point A, et le point D, dans la verticale *d*D, à 0m.041 au-dessus du point C, les cotes des points C et D seront les nombres 2m.431 et 2m.472, et les lignes AC et CD représenteront sur notre figure les pentes

qu'aura le fleuve, depuis l'Arve jusqu'à la machine hydraulique, quand on tirera de la réserve 460 mètres cubes d'eau par seconde.

Cette machine aujourd'hui présente une chute que nous croyons pouvoir évaluer au plus à $0^m.30$ ; si donc on suppose que le barrage à faire soit immédiatement en amont de l'emplacement actuel de la machine hydraulique, et si l'on porte de D en E cette hauteur de $0^m.30$, la cote du point E sera de $2^m.772$, et le niveau des eaux arrivant de la réserve, quand elle achèvera de se vider, devra passer par le point E.

Quant à la pente de E en F, entre l'île et l'entrée du lac, pente que nous n'avons pas calculée, il sera facile d'en trouver une valeur approximative. En effet, les cotes de l'eau, dans le nivellement du 27 juin 1837 (*V.* le § 20), donnent, de la machine au limnimètre du grand quai, ou de O en P, une différence de niveau de $0^m.249$, et comme le Rhône était à très-peu près à la même hauteur que le 19 septembre 1841, on peut admettre que la cote en P était celle du point P′ égale à $4^m.218$, ce qui donne $lO' = 3^m.969$. Mais le produit du Rhône, pour la pente O′P′ des eaux, est de

482 mètres (*V.* le § 21), c'est-à-dire qu'il excède le produit de 460 mètres dont l'écoulement nous occupe. Si donc nous imaginions que le Rhône fût approfondi de la hauteur EE″, tant à l'entrée du lac que sur la partie correspondante à EF, le volume d'eau écoulé serait de 482 mètres; d'où il suit qu'avec la pente EF, égale à $0^m.249$, on aura un écoulement de 460 mètres, moyennant un draguage dont la hauteur EE″, d'après la figure et suivant l'échelle, serait d'environ $1^m.24$. En admettant cette hauteur de draguage, la cote du niveau F des eaux sera $h\mathrm{F} = 3^m.021 = 2.772 + 0.249$.

La hauteur de la retenue étant de $1^m.67$ (*V.* le § 25), la cote du plein G de la réserve sera $h\mathrm{G} = 4^m.691$.

Et comme la cote $h\mathrm{H} = 5^m.815$, on voit que le plein de la retenue sera au-dessous des plus hautes eaux du lac de $1^m.124$.

Il suit de là qu'on pourrait augmenter la hauteur de la réserve de $1^m.124$, si on n'abaissait pas le niveau des grandes eaux, ou que, en se bornant à la hauteur de retenue de $1^m.67$, on peut abaisser la hauteur des inondations de $1^m.124$, moyennant toutefois qu'on ait un débouché suffisant en cas de très-grosses eaux :

condition que nous allons examiner dans le paragraphe suivant.

Mais arrêtons-nous ici encore un moment pour parler d'une objection qui peut nous être faite : c'est que les eaux, en arrivant à l'Arve, n'auront que la vitesse de $1^{m}.597$, pour débiter le produit de 460 mètres, tandis qu'il faut celle de $1^{m}.71$, trouvée le 19 septembre 1840, pour le produit de 482 mètres; d'où il semble résulter que la pente en amont de l'Arve devra être augmentée, afin que la vitesse du fleuve s'accroisse convenablement. Cette augmentation de pente serait nécessaire, en effet, si l'Arve, quand on tirera 460 mètres de la réserve, donnait aussi abondamment qu'elle donne aujourd'hui lorsque le produit naturel du Rhône est de 460 mètres. Mais si l'Arve donne un produit plus fort que celui de l'étiage, on n'aura pas besoin de prendre ces 460 mètres dans la réserve pour doubler le produit de 260 mètres du fleuve à Lyon, et si elle ne donne que son produit d'étiage, les eaux tirées de la réserve trouveront au-dessous du confluent une section suffisante pour ces eaux réunies à celles de l'Arve, supposée en crue, et conséquemment trop forte pour le cas d'étiage, ce qui per-

mettra l'écoulement des 460 mètres sans qu'on ait besoin d'avoir un accroissement sensible de pente en amont du confluent.

D'un autre côté, on doit considérer que la chute de $0^m.30$, conservée pour la machine, donne aux eaux une vitesse d'impulsion beaucoup plus grande que celle de $1^m.25$ calculée pour la deuxième partie, considération qui tend encore à diminuer le besoin d'accroissement de pente dont il vient d'être question.

Il est bon d'ailleurs de remarquer que nos largeurs de profils, sauf la partie en plaine au-dessous de la ville, sont prises aux parties les plus étroites du lit, et que, dans l'endroit où il y a deux bras, nous avons fait le calcul en prenant le bras le plus désavantageux.

---

## § 27.

### De l'écoulement des grandes eaux à Genève après l'exécution des travaux.

Admettons, comme dans le paragraphe précédent, que l'approfondissement du Rhône ait

été porté à 4 mètres au-dessous de la ligne ACD (*fig.* 5), depuis l'Arve jusqu'au barrage placé en D″; que, depuis ce barrage jusqu'au lac, la profondeur ait été augmentée de $1^m.26$, et calculons les pentes du Rhône en cas de grosses eaux.

Le produit de ces eaux a été porté à 600 mètres (*V.* les §§ 21 et 24); nous aurons donc $Q = 600$.

Le jaugeage du 26 juillet ayant donné 482 mètres, et le volume qui devra s'écouler étant ici de 18 mètres de plus, il faudra, pour la vitesse $1^m.71$, une superficie additionnelle de section de $10^m.53$, lesquels, pour une largeur de 65 mètres (*V.* le § 21), répondent à une hauteur de $0^m.16$. Le limnimètre le 26 juillet était à la cote $82^c - 6^{li} = 2^m.233$; on devra donc supposer que, pour le produit de 600 mètres, il serait à la hauteur de $2^m.393 = 2.233 + 0.16$, laquelle excède celle de $45^c$ ($1^m.218$), du 19 septembre 1840, de $1^m.175$. La cote du point M étant de $1^m.248$, celle du point A′, placé à la hauteur du Rhône débouchant 600 mètres, sera égale à $2^m.423$; ainsi, elle excédera la hauteur *m*A, du niveau calculé pour les eaux dans le paragraphe précédent, de $0^m.36$.

Cela posé, admettons que le profil trapézoïdal soit terminé, au-dessus de la ligne d'eau ACD, par des lignes verticales, on aura :

$$\omega = 2\,88 + 0.36 \times 80 = 31.680,$$
$$\chi = 82 + 2 \times 0.36 = 82.72,$$
$$R = \frac{\omega}{\chi} = 3.830,$$
$$U = \frac{600}{313.80} = 1.894.$$

Ce qui donne, au moyen des tables de M. de Prony :

$$RI = 0.0011889,$$
$$I = \frac{0.0011889}{R} = 0.000302.$$

Or, cette pente I, rapportée sur la figure en A′C′, est réellement et nécessairement plus forte que la pente 0,000246 de AC ; d'où il suit que les deux lignes AC et A′C′ vont en s'écartant, et que la section, pour la ligne A′C′ admise, comme ligne d'eau, augmenterait à mesure qu'on s'éloigne de l'Arve en remontant. La vitesse, pour le produit constant Q, doit donc diminuer continuellement, ainsi que la pente : c'est-à-dire que, en toute rigueur, la ligne d'eau A′C′ doit être une ligne courbe tournant

sa concavité vers le fond. Nous négligerons cette courbure, et nous supposerons que la pente la plus forte 0,000302 règne partout sur la longueur $\lambda = 1,500$ mètres de la première partie A'C', ce qui donnera :

$$\lambda I = 0^m.450.$$

Quant à la pente de la deuxième partie, elle sera moindre que celle de $0^m.041$ obtenue dans le cas de $Q = 460$. Adoptons cette dernière, qui nous sera plus désavantageuse que la véritable, et supposons toujours que la chute à l'endroit du barrage soit de $0^m.30$.

Nous aurons la cote d'eau en C', à l'origine de la deuxième partie, égale à $2.423 + 0.450 = 2^m.873$ ; celle du point D' égale à $2.873 + 0.041 = 2^m.914$, et enfin celle du point E' égale à $2.914 + 0.300 = 3^m.214$. La cote du point G étant de $4^m.691$, on voit qu'il y aura $1^m.477 = 4.691 - 3.214$ de pente du point G au point E', ce qui ne laisse aucun doute sur la possibilité d'avoir un écoulement de 600 mètres cubes d'eau par seconde en hautes eaux.

Mais l'Arve étant souvent très-haute en même temps que le Rhône, on peut faire ici avec fondement l'objection dont nous avons parlé dans

le paragraphe précédent, et qui consiste en ce qu'il faudra un accroissement de pente pour que la vitesse, qui est de $1^m.894$ sur la première partie, s'accroisse et devienne d'environ $2^m,000$ ou un peu plus. Toutefois, la différence de $1^m.894$ à $2^m.000$ étant faible, il n'y a pas lieu de s'arrêter à cette considération.

---

§ 28.

**Du barrage de Genève, et des travaux accessoires de ce barrage.**

1° *Emplacement du barrage.* Nous avons supposé que le barrage serait placé en D″ (*fig.* 5), à la tête de l'île où se trouve la machine hydraulique, mais c'est uniquement pour nous mettre à l'abri des objections, bien motivées peut-être, qu'on aurait pu nous faire contre un autre emplacement. Celui que nous aurions préféré est à 2 ou 300 mètres en aval de l'île. On aurait avec cet emplacement des conditions d'écoulement plus avantageuses; toutes choses d'ailleurs égales, il faudrait moins de draguages, moins de dépenses, et on aurait le grand avantage, à cause de la largeur que

présente le fleuve, de pouvoir établir des usines contiguës au barrage, ce qui utiliserait une beaucoup plus grande partie de la force motrice disponible. Il conviendra donc d'examiner, en cas d'exécution, si les circonstances locales s'opposent ou ne s'opposent pas au choix d'un emplacement situé au-dessous de l'île.

2° *Disposition du barrage* (*V.* les *fig.* 4 et 5). Il n'importe pas d'examiner ici quelle est la disposition particulière qu'il convient de donner au barrage : c'est une chose à étudier ultérieurement. Nous voulons montrer seulement qu'avec un ouvrage simple on satisfera aux besoins. Celui que nous indiquons est un barrage formé d'un radier général situé à 4 mètres au-dessous du niveau inférieur des eaux de la réserve, et de piles dont les intervalles seraient fermés par des poutrelles horizontales mobiles. La largeur de l'emplacement est d'environ 130 mètres. Cette largeur serait occupée par onze passages de 10 mètres chacun d'ouverture et par dix piles de chacune 2 mètres, ainsi qu'on le voit *fig.* 4. Les culées et les piles présenteraient des coulisses dans lesquelles seraient placés, d'une part, des poutrelles mobiles (AB, A'B'), d'autre part, un châssis fixe (CD, C'D'). Les ma-

nœuvres des poutrelles s'opéreraient au moyen d'un pont de service porté par les piles.

3° *Terrasses et draguages.* Les terrasses auraient pour objet d'élargir et de dresser le lit en aval de Genève jusqu'à l'Arve. Quant aux draguages dont il a déjà été question, nous nous bornerons à dire ici qu'ils seraient faits dans l'argile, et que la masse enlevée ne se reproduirait pas.

4° *Autres travaux.* Les autres travaux consisteraient dans la destruction de diverses constructions particulières qui obstruent le Rhône; dans la démolition et le reculement de quelques travaux de fortification, et dans les dommages causés à divers propriétaires de terrains, maisons ou usines.

Les constructions qui obstruent le lit du fleuve sont d'un aspect très-choquant, et la ville elle-même est intéressée, ne fût-ce que pour l'embellissement, à changer l'état actuel des choses. Elle aurait pour cela des efforts et des sacrifices à faire qui seraient les mêmes à peu près que pour le projet en question. Les particuliers et la ville seront donc dans une situation heureuse si un gouvernement voisin vient à leur secours, comme nous le proposerons

plus loin (*V.* le § 48), pour améliorer les abords du Rhône.

Les modifications à faire aux ouvrages de la place sont de fort peu d'importance, du moins nous le présumons.

Il n'en est pas de même des modifications relatives aux usines. On disposera d'une force motrice plus grande que celle qu'on a ; mais, pour l'utiliser convenablement, il faudra des dépenses.

5° *Manœuvres.* On objecte contre un barrage comme celui qui vient d'être décrit que l'enlèvement des poutrelles, dans les crues subites, est fort difficile et fort lent ; mais à Genève, où l'eau monte graduellement du printemps à l'été et descend graduellement de l'été à l'hiver, l'alimentation d'un jour à l'autre n'exigerait que de faibles changements dans la section du débouché, et l'inconvénient des poutrelles n'aurait que peu de gravité.

Une autre difficulté, ce serait de donner des eaux en proportion des besoins du Rhône, considéré à Lyon, ou dans tout autre point de son cours. On pense qu'on la résoudrait parfaitement au moyen des télégraphes.

---

## § 29.

### Évaluation du prix des travaux.

1° *Barrage*. La longueur du barrage placé en tête de l'île est d'environ 130 mètres, lesquels, à 2000 fr. l'un, valent 260,000 fr. ci, . . . . . 260,000 fr.

2° *Terrasses*. On estime que le volume des terrasses sera de 60,000 mètres cubes, lesquels à 1 fr. le mètre valent. . . . . 60,000

3° *Draguages*. Nous estimons le volume comme il suit :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1re partie | 1500 × 60 × 1 = | 90,000 | 366,000 |
| | 1500 × 20 × 4 = | 120,000 | |
| 2e partie | 250 × 120 × 2 = | 60,000 | |
| 3e partie | 32 × 150 × 2 = | 96,000 | |

Ces 366,000 mètres cubes, à 2 fr. l'un, valent. . . . . 732,000

On remarquera, pour la troisième partie (*V*. le § 26), que l'écoulement de 460 mètres cubes d'eau doit avoir lieu avec la pente EF (*fig*. 5), pareille à la pente E″P′, moyennant un draguage d'une profondeur EE″ = 1m.24 en amont du barrage, et sur toute la surface du Rhône. Au lieu de ces dimensions, nous avons porté la largeur, en moyenne, à 150 mètres, et la hauteur à 2 mètres.

4° *Autres travaux*. Nous portons pour les ponts à modifier, pour quelques changements

*A reporter*. . . . . 1,052,000 fr.

| | |
|---|---|
| *Report.* . . . . . | 1,052,000 fr. |
| aux murs de fortification le long du fleuve, pour les dommages et les indemnités, avec une somme à valoir susceptible de faire face à toutes les circonstances imprévues. . . . . | 948,000 |
| Total de la dépense. . . . | 2,000,000 fr. |

---

## § 30.

**Sur les modifications du projet, dans le cas où le produit du Rhône, à Lyon, serait porté de 260 à 660 mètres, c'est-à-dire augmenté de vingt treizièmes.**

On a vu, § 27, que dans le cas des grandes eaux la pente d'écoulement, pour le produit de 600 mètres, est la ligne A'C'D'E' (fig. 5), D'E' étant la chute de $0^m.30$ admise pour faire marcher la machine. Cela posé, quelle serait la pente, pour le même produit de 600 mètres, sur la partie comprise entre le barrage D'' et l'entrée du lac au droit du limnimètre du grand quai. Il est clair que si l'on suppose le fond du Rhône et du lac abaissés de la hauteur $E'E'' = 2^m.20$, la pente en question sera représentée par la droite E'F' parallèle à KH, ce qui donnera :

$$hF' = hH - E'E'' = 5.815 - 2.200 = 3^{m}.615,$$

et $$FF' = hF' - hF = 3.615 - 3.021 = 0^{m}.594.$$

Maintenant, supposons que par l'établissement des travaux on se borne à produire dans les eaux d'inondation un abaissement de $0^{m}.694$ (2 pieds 2 pouces), la hauteur FG de la réserve sera égale à $h$ H — $h$ F — 0.694 = $2^{m}.100$. Or, ce nombre, multiplié par la superficie du lac, porte le volume d'eau emmaganisé à 1260 millions de mètres cubes, et sur ce volume toute la partie correspondante à F'G = 2.100 — 0.594 = $1^{m}.506$, c'est-à-dire les trois quarts de la réserve, ou 945 millions de mètres cubes, pourront être employés à raison de 600 mètres par seconde, et le quart restant, ou 315 millions de mètres, à raison d'un produit qui décroîtra graduellement de 600 à 460.

Quant à l'augmentation de dépense, nous ne supposerons pas, pour la calculer, que le Rhône entier et l'entrée du lac soient partout approfondis, mais seulement qu'il soit fait des draguages de 400 mètres de longueur, 150 de largeur et 4 de profondeur, ce qui donnera un cube de 240,000 mètres, lequel est plus fort

que celui de 96,000 mètres, porté pour la troisième partie au paragraphe précédent, de 144,000 mètres. Ce dernier cube, à 2f.00 le mètre, vaut 288,000 fr. Nous présumons, d'après ce calcul, que le chiffre total de 2 millions ne serait pas dépassé pour faire face à cet excédant de travaux.

Or, le produit de 600 mètres à Genève donne une augmentation de 400 mètres tout le long du Rhône (*V.* le § 25), ce qui porte le chiffre de Lyon à 660 mètres, c'est-à-dire que le produit dans cette ville se trouve augmenté de vingt treizièmes, ou d'une fois et demie sa valeur actuelle. Et comme les années de très-basses eaux sont rares, et que celles où le plus grand abaissement aurait lieu après l'écoulement des trois premiers quarts de la réserve seraient rares aussi, on voit que le produit du Rhône à Lyon ne serait que fort rarement au-dessous de 660 mètres.

Il ne le serait probablement jamais, si, pour disposer d'une plus forte pente à Genève, on agrandissait le lit du fleuve au confluent de l'Arve. On pourrait aussi, par les draguages, augmenter la profondeur que nous avons sup-

posée de 4 mètres au-dessous de la ligne ACD.

Mais nous continuerons de supposer qu'il ne s'agit que de doubler le Rhône à Lyon. Ce paragraphe a pour objet seulement de prouver que nous sommes loin d'exagérer les avantages sur lesquels on doit compter, et qui seront détaillés plus loin (*V.* les chapitres VII et VIII.)

# CHAPITRE VI.

## DES TRAVAUX A EXÉCUTER DU LAC DE GENÈVE A SEYSSEL, POUR JOINDRE LES NAVIGATIONS DU LÉMAN ET DU RHÔNE.

---

### § 31.

*Des projets dressés pour établir une navigation du lac de Genève à Seyssel, et notamment des projets de M. O'Brien.*

Nous avons vu, § 4, que la navigation entre Genève et Seyssel était tout à fait impossible, dans l'état actuel des choses, à cause des parties étroites, rapides et sinueuses que présente le Rhône, notamment de Bellegarde au Creux-du-Paradis.

On s'est occupé depuis longtemps des moyens d'établir une navigation dans cette partie. MM. Aubry et Céard, le premier ingénieur en chef des provinces de Bresse et Bugey, et le second inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées, dont le nom se lie aux

beaux travaux de la route du Simplon, ont dressé des projets dans ce but. De Lalande les a décrits dans son histoire des canaux. Mais, ce qui résulte de leur examen, c'est qu'ils exigent des dépenses et présentent des difficultés qui empêchent absolument qu'on ne les accepte. M. Dutens, inspecteur général des ponts et chaussées, s'est aussi occupé de cette navigation, et il a indiqué les travaux (*a*) qui lui semblent propres à résoudre la difficulté. Ces travaux se composent de canaux latéraux, de souterrains et d'écluses. Le principal des besoins qu'il s'agit de satisfaire aujourd'hui étant celui de la navigation à la vapeur, les écluses disséminées le long du Rhône, sans compter qu'elles seraient d'un prix fort élevé, ne nous paraissent pas pouvoir être admises.

Tout récemment, M. l'ingénieur en chef O'Brien a repris ce travail, et il a rendu sous ce rapport un important service. Il fait un barrage en maçonnerie à Malpertuis, dans l'endroit où les rochers ne sont écartés que de

---

(*a*) *V.* l'*Histoire de la navigation intérieure de la France*, tome II, page 104.

14 mètres (*V.* le § 3); il relève les eaux d'environ 32 mètres, et il calcule l'effet du barrage dans l'hypothèse d'un remous parabolique, en augmentant les abscisses d'un quart. Ce remous, ainsi évalué, s'étend jusqu'à Léaz avec une pente totale de 12 à 13 mètres, ce qui permet de naviguer de Genève à Malpertuis. La question, d'après cela, serait réduite à celle de franchir la chute du barrage pour arriver au Creux-du-Paradis. Suivant les projets très-bien étudiés de M. O'Brien, cette question peut se résoudre au moyen d'un canal latéral creusé dans le roc, avec treize écluses, formant trois groupes de sas accolés, de 39 mètres de chute ensemble, ou bien avec trois écluses seulement, dont une, à laquelle il donne le nom d'*écluse à puits*, aurait une chute de 30 mètres. Mais le canal latéral, soit qu'il eût treize écluses, soit qu'il n'en eût que trois, ralentirait beaucoup la navigation. Par cette raison, ainsi que par des considérations d'économie et d'un emploi d'argent exempt de chances trop défavorables, ces canaux latéraux ne semblent pas pouvoir être admis.

Aussi, M. O'Brien a-t-il projeté un chemin de fer de l'amont du barrage au Creux-du-

Paradis. Ce chemin de fer, avec une pente de cinq centièmes, aurait 800 mètres de longueur, et il satisferait très-bien aux besoins publics.

On serait forcé, il est vrai, de recourir à des transbordements; mais cet inconvénient ne paraît pas devoir être, à beaucoup près, aussi fâcheux que ceux qu'occasionnerait un canal latéral. En effet, pour la visite des douanes, on effectue maintenant le déchargement et le rechargement complets à Cordon; or, ces opérations peuvent se faire à Malpertuis sans prendre plus de temps, et probablement sans que la visite des douaniers devienne plus difficile.

Pour les voyageurs, la descente de Genève à Lyon, même en hiver, s'opérerait en un jour, et la remonte en deux.

Pour les marchandises on serait obligé, de Malpertuis au fort l'Écluse, faute de chemin de halage, de remorquer les bateaux montants au moyen de la vapeur, mais il serait possible d'établir plus tard un sentier pour le halage si le besoin s'en faisait absolument sentir.

La dépense, d'après M. O'Brien, ne monterait qu'à 1,300,000 francs.

Lors même que cette somme devrait être

doublée, ou même triplée, il n'y aurait pas lieu probablement d'être arrêté par la considération du prix, mais il s'élève d'autres objections. La plus forte, c'est le volume d'eau à faire écouler dans les grandes eaux. M. O'Brien suppose comme nous (*V.* le tableau du § 24), qu'il est de 1000 mètres; mais s'il est plus fort, ainsi qu'on sera porté à le croire si l'on admet que l'Ain ne donne pas 2,600 mètres et si le chiffre de 5,000 mètres est accepté pour Lyon (*V.* le § 24), la difficulté à surmonter deviendra bien grande.

D'un autre côté, pour une aussi grande hauteur de retenue la pente du remous, avec le produit d'étiage actuel, serait sûrement très-faible et bien loin de s'élever à 12 ou 13 mètres.

Cependant la question traitée par M. O'-Brien, et qu'il a beaucoup avancée, est d'un haut intérêt; nous allons la considérer sous un aspect qui en rend la solution moins difficile.

---

## § 32.

### Du projet de Malpertuis, amélioré par la création du réservoir du lac de Genève.

L'objet de la réserve de Genève étant d'augmenter le produit du Rhône en basses eaux, cette réserve rendra le produit minimum et le produit maximum moins différents l'un de l'autre qu'ils ne le sont aujourd'hui.

Supposons qu'elle rende égaux ces deux produits; les difficultés du barrage de M. O'Brien, avec sa grande hauteur de chute, augmentée même de quelques mètres, seraient à peu près aplanies. En effet, on laisserait dans la partie inférieure du barrage des orifices d'une grandeur suffisante pour l'écoulement du produit du fleuve; ils déboucheraient dans la masse d'eau retenue par un second barrage, et l'effet dégradant des eaux ne serait plus à craindre.

Mais nous sommes loin, même avec le barrage de Genève, d'avoir à Malpertuis le produit minimum égal au produit maximum.

Pour nous placer toutefois dans un cas peu défavorable, admettons:

1° Que, suivant ce qu'on a vu chapitre V,

le projet de Genève soit exécuté, et que la réserve du lac donne 460 mètres par seconde, pendant tout le temps des basses eaux (*b*);

2° Que le produit maximum du Rhône au Parc ne soit, suivant les dernières opérations de M. Goux, que de 720 mètres (*V*. le § 22);

3° Enfin, qu'on ait à Malpertuis trois barrages, de chacun 120 mètres de développement, et tels qu'ils sont indiqués sur la *fig.* 1, laquelle, à droite, représente une moitié de la vallée et trois moitiés (KL, K'L'), (MN, M'N'), (PQ, P'Q') de ces barrages, et à gauche le plan et l'élévation du premier (RST, R'S'T') de ces mêmes barrages.

| | |
|---|---|
| Le produit du Rhône à Genève étant de. . . | 460 mètres. |
| Et celui de l'Arve, de la London et de la Valserine (*V*. le § 24) étant porté à. . . . . | 40 |
| On aurait à Malpertuis. . . . . | 500 mètres. |

Or, ce produit dépasse de beaucoup le produit actuel des basses eaux; la pente du remous

(*b*) Si la durée de l'étiage était trop prolongée, la navigation serait interrompue, ou se ferait par lâchures (*V*. la note 8).

serait donc plus forte que celle que M. O'Brien aurait eue, et qu'il portait à 12 ou 13 mètres : supposons-la de 6 mètres seulement. Les barrages de M. O'Brien rachetaient 39 mètres de chute, depuis l'amont jusqu'au Creux-du-Paradis; donc les nôtres, entre les mêmes points, rachèteraient la chute de 46 mètres.

Ces barrages, au-dessus de la profondeur où sont les eaux pendant l'étiage, seraient supportés par des voûtes en arc, telles que (S, S'), établies aussi près que possible des basses eaux. Ils seraient fondés à sec, sur ces voûtes et sur le rocher, dérasé convenablement à cet effet comme l'a proposé M. O'Brien. Chacun d'eux aurait en plan la forme d'un arc de cercle contrebutant la poussée des eaux, et ils présenteraient dans leurs parties inférieures des pertuis *mn* en œil de bœuf propres à déboucher, après la fermeture des pertuis voûtés tels que U, le produit minimum du Rhône.

Nous supposons qu'ils seraient à 150 mètres les uns des autres, et qu'ils laisseraient entre eux des chutes de 12 mètres, ce qui, avec une pente de dix mètres comprise entre les barrages et le Creux-du-Paradis, donne le chiffre de 46 mètres porté plus haut.

Cela posé, nommons $\omega$, $\omega'$, $\omega''$, les superficies totales des sections des œils-de-bœuf, pour les 1er, 2e et 3e barrages. La formule

$$0.62\,\Omega\sqrt{2gH} = P,$$

dans laquelle $\Omega$ représente la section d'un tuyau, $g$ le coefficient de la pesanteur, H la différence des niveaux de l'eau en amont et en aval du tuyau quand il débouche dans le liquide, ou la charge d'eau sur le centre quand il débouche dans l'air, et P le produit d'eau égal à 500m qui doit s'écouler à l'étiage, nous donnera :

$$\omega = 52,\ \omega' = 52 \quad \text{et} \quad \omega'' = 57.$$

Pour l'écoulement en hautes eaux, $z$, $z'$ et $z''$ étant les hauteurs que les nappes d'eau prendront au-dessus des déversoirs, et le produit déversé étant exprimé par $1.50 \times 120\,Z\sqrt{Z}$ pour la hauteur Z du fluide au-dessus du barrage, nous aurons les trois équations :

$$0.62\,\omega''\sqrt{2g\,(10+z'')} + 1.50 \times 120 z''\sqrt{z''} = 720,$$
$$0.62\,\omega'\sqrt{2g\,(12-z''+z')} + 1.50 \times 120 z'\sqrt{z'} = 720,$$
$$0.62\,\omega\sqrt{2g\,(12-z'+z)} + 1.50 \times 120\,z\sqrt{z} = 720.$$

Les déversoirs ayant tous trois la même largeur de 120 mètres, il est clair que les épaisseurs $z''$, $z'$ et $z$ d'eau déversée ne peuvent dans aucun cas différer beaucoup les unes des autres, et que, en conséquence, le premier terme des équations précédentes est toujours égal, à peu de chose près, à 500, ce qui donne pour le second terme:

$$150 \times 120 Z \sqrt{Z} = 220 \quad \text{et} \quad Z = 1.143.$$

D'où il faut conclure que les valeurs $z''$, $z'$ et $z$ diffèrent peu de $1^m.143$. En essayant des nombres de quelques centimètres au-dessous ou au-dessus de ce chiffre, on approchera facilement des valeurs cherchées, lesquelles diffèrent peu des suivantes :

$$z'' = 1^m.07, \quad z' = 1^m.16 \quad \text{et} \quad z = 1^m.16.$$

Il est présumable que la force motrice due à de grandes masses d'eau, exerçant des pressions de 11 à 12 mètres, permettrait de faire à bas prix et avec rapidité, au moyen de machines hydrauliques, les manœuvres du transbordement. Toutefois, il se-

rait peut-être fort difficile de trouver de bons emplacements pour ces machines, car il faut avoir, dans l'étroit espace qu'offre la vallée, des ports pour les bateaux, des hangars pour les marchandises, des logements pour les agents, un atelier de travail, une route, un pont de communication d'une rive à l'autre, une auberge et un chemin de fer joignant les ports d'amont et d'aval.

Quant au chemin de fer, il a été étudié par M. O'Brien dans l'emplacement où se trouvait projeté le canal latéral. Ce chemin se compose de deux lignes droites raccordées par un arc de cercle; il est supporté par des arcades dans la vallée de Nangaloux, et au delà de cette vallée il présente un souterrain qu'il paraît possible d'éviter en contournant le rocher.

Avant de quitter ce paragraphe, nous ferons une observation importante, c'est que si la réserve à Genève donnait 600 mètres par seconde, ce qui ferait à Malpertuis 640, lesquels passeraient par les pertuis en œil-de-bœuf, on n'aurait à faire écouler par déversement qu'un bien plus faible produit. Si l'on calcule dans ce cas l'épaisseur de la couche

d'eau déversée, en supposant ce produit de 720 — 640 = 80 mètres, on trouve pour cette épaisseur $0^m.58$: elle différerait évidemment fort peu de ce chiffre, et l'ouvrage de Malpertuis serait très-satisfaisant.

Mais si le produit du Rhône au Parc est de beaucoup plus de 720 mètres, comme nous le craignons (*V.* le § 24), il sera possible que les barrages ne soient proposables qu'à la condition d'avoir une forte réserve dans le lac. La Suisse, et notamment les cantons de Genève, de Vaud et du Valais, étant intéressés à l'établissement de la navigation de Genève à Seyssel (*V.* le chapitre VIII), on se bornerait probablement à un abaissement de $0^m.650$, au plus, du niveau des inondations (*V.* le § 44).

---

## § 33.

**Réponse aux objections qui peuvent être faites contre l'ouvrage de Malpertuis, projeté dans les conditions de basses eaux et de hautes eaux qui viennent d'être indiquées.**

Beaucoup d'objections peuvent être faites contre le projet de Malpertuis; nous allons examiner les principales.

1° *Exécution des barrages.* Il est bien évident qu'il n'y aurait que des difficultés fort ordinaires à vaincre pour exécuter la voûte (S S') (*V.* la *fig.* 1). On élèverait ensuite les maçonneries sur cette voûte, et l'on ne pourrait être gêné dans l'exécution que par les crues subites qui submergeraient les travaux; mais ces crues n'ayant guère que vingt-quatre heures de durée, elles ne causeraient qu'une faible interruption dans le travail, et il serait repris après la réparation des avaries, supposé qu'il en fût survenu (*c*). Bientôt les ouvrages étant élevés à une certaine hauteur, les crues cesseraient de pouvoir atteindre le niveau des ateliers, et l'on maçonnerait avec une parfaite tranquillité.

2° *Fermeture des pertuis tels que U, voûtés sur le Rhône.* Si l'on était assuré que ces pertuis existassent dans du rocher de bonne nature, on pourrait les laisser subsister, du moins en partie, et ne pas faire les œils-de-bœuf dont nous avons parlé. Mais, pour opérer avec sé-

---

(*c*) Si le barrage du lac était fait avant l'ouvrage de Malpertuis, les inondations ne pourraient pas nuire bien sensiblement à l'exécution de cet ouvrage (*V.* le § 41).

curité, il faudrait boucher entièrement ces pertuis. A cet effet on échouerait des blocs, et au besoin des caisses en charpente remplies de pierres. On commencerait par l'aval, et on forcerait les eaux de se déverser au-dessus des roches échouées. Le niveau du fleuve atteindrait promptement la hauteur des pertuis *mn*, ce qui diminuerait la vitesse dans la section U. Le roc ne coûtant que 3 fr. d'extraction par mètre, et la valeur de trois barrages en enrochement projetés par M. O'Brien pour amortir au moyen de cascades la chute de son grand barrage, n'étant à ce prix que de 113,000 fr., on conçoit qu'il ne faudrait que du temps et une faible somme pour combler le Rhône à l'endroit du dernier barrage. Les eaux s'élèveraient alors au niveau de ce barrage, et en opérant en basses eaux on n'aurait sous le second et le premier barrage que des vitesses qui n'entraîneraient pas les blocs jetés dans l'eau d'une certaine hauteur. Les voûtes une fois fermées, on achèverait les enrochements avec des pierres de plus en plus petites, afin d'avoir finalement une fermeture étanche.

3° *Solidité des constructions.* Les maçonneries étant fondées sur le rocher; les barrages

formant voûte contre la poussée d'amont, et chaque voûte ayant pour culées les deux coteaux du Rhône, on ne craindrait nullement que la hauteur de la retenue pût emporter les ouvrages.

4° *Corrosion des maçonneries.* Les pertuis circulaires auraient à résister à la corrosion que peuvent exercer des vitesses de 15 mètres. Pour obtenir toute la résistance qui serait nécessaire, on taillerait la pierre avec une grande exactitude; on la prendrait à Villebois, ou dans des carrières aussi bonnes que celles de Villebois, et l'on n'emploierait que d'excellent mortier.

Le couronnement du barrage serait fait avec les mêmes soins et en morceaux de haut appareil.

5° *Effet des chutes.* Cet effet est sûrement la cause de destruction la plus redoutable. Cependant, les maçonneries étant faites avec perfection, elles auraient, du moins nous le croyons, toute la durée qu'on peut souhaiter; mais le rocher naturel résisterait-il aussi bien? C'est ce qu'il faudrait examiner. Et si la nature de ce rocher faisait naître quelque inquiétude, on devrait, pour avoir des chutes moins fortes, exécuter quatre barrages au lieu de trois, ce

qui n'augmenterait pas beaucoup la dépense (*V.* le § 35), et revêtir le rocher en bonne maçonnerie dans la zone où les vagues seraient destructives.

6° *Entretien.* Quelque bien faits que soient de tels ouvrages, il faut pourtant qu'on puisse, le cas échéant, pourvoir à la nécessité des réparations. Le barrage de Genève à cet égard donnerait une certaine sécurité. En effet il permettrait que, en eaux basses, le Rhône fût arrêté; on pourrait donc au besoin n'avoir à Malpertuis que les eaux de l'Arve, et dans ce cas on visiterait les ouvrages de telle sorte qu'on pût, avec une pleine connaissance de cause, aviser aux travaux qu'ils pourraient exiger.

On remarquera toutefois qu'il ne serait pas possible d'user un peu longtemps de ce moyen; car ce serait priver le Rhône des eaux du lac et arrêter la navigation. Mais il serait probablement avantageux, pour les divers ouvrages qui sont sur ce fleuve, d'avoir tous les quatre ans, par exemple, deux ou trois jours de très-basses eaux, pendant lesquels on visiterait les fondations et le pied des barrages dont nous nous occupons.

7° *Pertes.* On s'est demandé s'il n'existe pas

en amont de Malpertuis des pertes naturelles d'eau, susceptibles de s'agrandir par l'augmentation de pression due à une grande retenue, et si de telles pertes ne rendraient pas cette retenue tout à fait inutile. M. Goux fait en ce moment des jaugeages soignés dont l'objet est de jeter du jour sur cette question. Mais, en admettant que ces jaugeages prouvent qu'il n'y a pas actuellement d'écoulement souterrain sensible du Rhône auprès de Malpertuis, on ne serait pas pour cela parfaitement rassuré, car il pourrait y avoir eu des pertuis qui se fussent obstrués depuis que le fleuve s'est ouvert un lit de superficie, et ces pertuis par l'action de la retenue pourraient se rétablir. On sait d'ailleurs qu'il y a dans le lac de Genève, près de Chillon, si nous avons été bien informé, des pertes de fond sensibles à la surface par des tournants et des dépressions; il paraît y en avoir aussi dans le Rhône, près de Valence, et dans l'Isère. On sait encore par le tarissement des eaux chaudes d'Aix, en 1755 (*V.* le § 10), qu'il y a dans les rochers des conduites d'eau qui communiquent très-loin. On ne peut donc pas dire, et on ne pourra pas dire, quels que soient les résultats

des jaugeages, que les pertes en question ne menacent pas le barrage de Malpertuis. Mais, ce qui est certain c'est que s'il en survenait elles seraient sensibles à la surface, et qu'on pourrait, par des enrochements ou par d'autres travaux, prévenir leur agrandissement ou même les étancher.

8° *Défense militaire de la frontière.* Le Rhône servant de limite entre la France et la Savoie, et cette limite aujourd'hui étant infranchissable pour un corps d'armée, à cause des rochers à pic que le fleuve présente principalement du côté de la Savoie, il peut être important de maintenir, sous ce rapport, l'état actuel des choses. Or, c'est ce qui est facile: car en supposant même que, pour augmenter le développement des barrages, on entre dans les flancs des deux coteaux, il sera très-aisé d'avoir entre leurs sommets et le niveau des barrages des parties verticales de 20 à 30 mètres au moins de hauteur. Il est donc probable que ni la France, ni la Savoie, en ce qui concerne les besoins militaires, n'auraient rien à objecter contre les ouvrages de Malpertuis.

9° *Douanes.* Il en est de même sous le rap-

port des douanes, vu que, à part la vie que le pays prendra, la garde des deux territoires ne cessera pas d'être facile.

---

## § 34.

### Des travaux à faire pour naviguer de l'amont à l'aval de Genève.

La navigation, comme nous l'avons dit § 3, est impossible dans le Rhône à Genève; mais le terrain dans le fossé au nord des fortifications de la place est très-propre à l'établissement d'un canal UVXYZW (*V.* la *fig.* 5), de 940 mètres de longueur.

On aurait à l'aval de ce canal une écluse à sas, rachetant une chute de 2 à 3 mètres au plus, selon l'état des eaux. Cette écluse n'aurait que $4^{m}.50$ à 5 mètres de largeur, parce qu'il ne serait pas utile qu'elle donnât passage aux bateaux à vapeur. Ceux de ces bateaux qui fréquentent le lac continueraient d'avoir leur port en amont de la ville, et ceux qui circuleraient de Malpertuis à Genève auraient le leur en aval.

---

## § 35.

### Des dépenses à faire du lac de Genève à Seyssel.

1° *Ouvrages à faire sur le territoire français.* Nous avons évalué les trois barrages au prix des travaux de Lyon, et d'après les cubes de maçonnerie qu'ils paraissent devoir présenter. En supposant que tous les revêtements soient exécutés en pierre de taille de Villebois, sur un mètre d'épaisseur moyenne, nous avons trouvé pour les prix, savoir :

| | |
|---|---|
| Du premier barrage. . . . . | 500,000 fr. |
| Du second. . . . . | 220,000 |
| Du troisième. . . . . | 190,000 |
| Et nous estimons par aperçu, | |
| Le chemin de fer de transbordement, à. . | 600,000 |
| Les ports, à. . . . . | 150,000 |
| Les bâtiments et les machines, à. . . . . | 200,000 |
| Une grande route aboutissant sur le lieu des travaux, à. . . . . | 100,000 |
| Somme à valoir pour objets imprévus. . . | 540,000 |
| Total pour Malpertuis. . . . | 2,500,000 |
| Dépenses nécessaires pour rendre le passage praticable entre le Parc et la frontière de Suisse. . . . . | 200,000 |
| Total pour la France. . . . | 2,700,000 fr. |

2° *Ouvrages à faire sur le territoire de Genève.* Canal de 940 mètres de longueur, à ouvrir

| | |
|---|---|
| *A reporter.* . . . | 2,700,000 fr. |

| | | |
|---|---|---|
| *Report*. . . . . | | 2,700,000 fr. |
| dans le fossé des fortifications. | 200,000 fr. | |
| Sas, ponts, etc. . . . . | 100,000 | |
| Dépenses nécessaires pour rendre le passage praticable sur le Rhône. . . . . | 200,000 | |
| Établissement d'un port pour les bateaux à vapeur à l'aval de Genève. . . . . | 300,000 | |
| Total pour Genève. . . | 800,000 fr. | 800,000 |
| Total général des dépenses. . | | 3,500,000 fr. |

---

## § 36.

**Conclusion de ce chapitre ; d'un chemin de fer de Seyssel à Genève.**

On voit par ce qui précède que l'établissement de la navigation de Genève à Seyssel n'est pas, comme la création d'une réserve dans le lac, une affaire d'art parfaitement sûre, et dans laquelle il n'y ait à surmonter que des obstacles peu graves : c'est au contraire, quant à l'ouvrage de Malpertuis, un travail très-difficile et très-extraordinaire.

Cependant, si le Rhône dans les crues ne présente à Seyssel que 720 mètres cubes d'eau par seconde, et si la réserve de Genève porte

à 600 mètres le produit des basses eaux (*V.* le § 32), cette entreprise, le rocher étant supposé de bonne nature, semble être exempte des inconvénients qui pourraient la faire repousser.

Et l'on peut dire même que, vu son importance, si les données étaient beaucoup moins favorables que nous ne l'avons admis, il faudrait encore s'efforcer de vaincre les difficultés.

On voit par le § 35 que, si l'on faisait un quatrième et un cinquième barrages, la dépense n'augmenterait pas considérablement, attendu que le prix, pour chaque barrage, se réduit à mesure que la hauteur diminue : or les chutes, avec plus de barrages, se trouvant affaiblies, les dégradations qu'elles peuvent causer seraient moins à craindre. D'un autre côté, si le volume d'eau à tirer de Genève, au lieu d'être de 460 mètres, se trouvait de 600, l'ouvrage de Malpertuis serait encore facilité.

Quoi qu'il en soit, jusqu'à ce qu'on ait des projets bien étudiés, la question de la navigation entre Genève et Seyssel doit être considérée comme incertaine. Mais elle est très-importante, et mérite toute la sollicitude de la

France et de la Suisse, ainsi qu'on le verra plus loin (chapitres VII et VIII).

Si en définitive on se trouvait obligé de renoncer à cette navigation, il faudrait en venir à l'exécution d'un chemin de fer dont M. O'Brien s'occupe. Malheureusement, au lieu d'une dépense de 3 millions et demi, on en aurait une de 8 ou 10 millions (*e*).

Dans tous les cas, la question de la réserve du lac reste la même : la solution en est sûre; la dépense à faire est faible, et, si la navigation jusqu'à Seyssel était rejetée, on n'aurait plus la sujétion de donner des eaux du lac pour cette navigation en hiver, ce qui serait avantageux probablement, parce que la réserve se remplirait en plus grande proportion dans les intervalles des divers chômages que le Rhône peut présenter.

---

(*e*) On a parlé d'un autre parti, qui consisterait à faire un petit barrage en amont de Bellegarde, avec un chemin de fer du Creux-du-Paradis à ce barrage. Ce parti, en désespoir de cause, serait peut-être acceptable; mais il a contre lui, avec l'inconvénient des transbordements, celui d'un long tracé de chemin de fer dans des rochers extrêmement accidentés.

# CHAPITRE VII.

## DES AVANTAGES FRANÇAIS DANS LA QUESTION DES TRAVAUX DE GENÈVE ET DE MALPERTUIS.

---

### § 37.

**Du nouveau régime du lac de Genève, comme base d'où doivent dériver toutes les améliorations.**

Nous supposons,

Premièrement, que la masse d'eau à emmagasiner dans le lac de Genève soit d'un milliard de mètres cubes et de $1^{m}.67$ de hauteur, ainsi que nous l'avons admis § 23;

Secondement, que le niveau des grandes eaux du lac soit abaissé de $1^{m}.124$ au profit des bas terrains des cantons de Vaud et du Valais (*V.* le § 26);

Troisièmement, que la réserve, en général, soit tenue au niveau le plus avantageux pour le littoral, et à $0^{m}.30$ au moins au-dessous du

plein, aussi longtemps que possible; mais que le remplissage soit cependant complété dans le délai strictement nécessaire pour qu'on dispose de tout le volume d'eau de la réserve au moment du besoin. Ces dispositions, comme on le verra plus loin, seront avantageuses à la France quant aux inondations (*V.* le § 41);

Quatrièmement, que le produit d'eau lâché par le barrage pour alimenter le Rhône en basses eaux soit de 460 mètres cubes, ce qui suffit pour que la navigation des bateaux à vapeur n'éprouve presque jamais d'interruption (*V.* le § 25);

Cinquièmement, que, aux époques où il sera utile d'augmenter l'eau déjà retenue dans le lac, comme en hiver, après les basses eaux du Rhône en automne, on ne laisse couler à Genève que le produit d'eau utile pour les machines hydrauliques et pour la navigation de Genève au Parc et à l'embouchure de l'Ain. Si par exemple l'Arve donnait abondamment, on pourrait peut-être, sur le produit ordinaire du lac en hiver, économiser 140 mètres par seconde, ce qui ferait par jour 12 millions de mètres : on comprendra combien ce serait utile, si l'on fait attention

aux dépenses qui sont proposées, avec beaucoup de raison sans doute, pour les étangs à créer dans les bassins de la Seine et de la Garonne (*V.* les notes 5 et 6).

De ce nouveau régime du lac résulteraient beaucoup d'avantages.

Ainsi, en admettant que les eaux basses du Rhône ne viennent à Lyon qu'au 1er septembre en automne, et au 1er avril au printemps (*a*), et qu'il faille quinze jours à la fin de l'été et trente jours à la fin de l'hiver pour accumuler 30 centimètres de hauteur d'eau dans le lac, on ne commencerait l'achèvement de l'emplissage qu'à partir des 15 août et 1er mars. Il résulte de là que le lac n'aurait sa hauteur complète, moyennement, que du 1er septembre à l'époque des basses eaux d'automne, durée qu'on peut évaluer à deux mois par an. On verra plus loin (§ 47) combien ce nouvel état de choses serait favorable aux cantons de Vaud et du Valais.

Les hautes eaux, limitées à une moindre hau-

---

(*a*) Ces époques seront déterminées au moyen des hauteurs d'eau prises jour par jour à Lyon. Nous n'avons pas ces hauteurs, et nous sommes forcé de donner des dates hypothétiques, mais elles suffisent ici pour fixer les idées.

teur, arriveraient donc après l'été, c'est-à-dire à une époque moins fâcheuse ; elles auraient une moindre durée, et les basses eaux, limitées au contraire à un niveau plus élevé, n'empêcheraient plus, ou gêneraient moins, l'arrivage à Genève des bateaux pleinement chargés (*V.* le § 44).

Il est clair que, si la hauteur d'eau emmagasinée peut avoir plus de $1^{m}.67$, ce sera une circonstance heureuse pour le Rhône, puisqu'elle permettra de donner avec la réserve plus de 460 mètres d'eau par seconde ; mais, à moins que nous n'en prévenions nos lecteurs, cette circonstance sera toujours mise en dehors de nos raisonnements. Nous ferons remarquer, toutefois, qu'il sera bon d'être bien décidé sur ce point en cas d'exécution, parce que les dimensions des travaux devront être arrêtées d'après le régime à établir, ce qui ne permettra plus de changer ultérieurement ce régime sans quelques inconvénients.

Et non-seulement les ouvrages de Genève seront subordonnés au volume et à l'usage prévu de la réserve, mais les barrages de Malpertuis, quant à leur nombre et quant aux orifices qu'ils devront présenter (*V.* le § 32), y seront aussi subordonnés.

De même, sur le Rhône, les largeurs du lit mineur, les hauteurs des digues submersibles, les barrages des faux-bras, etc., devront être déterminés d'après le régime de la réserve du lac.

En un mot, après l'établissement de cette réserve, le Rhône deviendrait un grand ouvrage hydraulique gouverné suivant les manœuvres de Genève, où serait la clef des eaux.

---

## § 38.

### De la stabilité du lit mineur naturel du Rhône, augmentée par l'emploi de la réserve.

On sait que la stabilité et les bonnes conditions du lit mineur naturel d'un cours d'eau dépendent en grande partie du rapport de ses produits dans les crues et à l'étiage. Concevons en effet que le produit des crues soit très-grand : il faudra pour l'écoulement, en général, une grande section ; et si le produit d'étiage est faible, les basses eaux ne présenteront qu'un filet d'eau divaguant dans cette section, où sa trace peu sensible disparaîtra totalement dans les crues et prendra, pour

chaque nouvel étiage, une nouvelle position. Le lit mineur, continuellement travaillé, sera donc toujours instable et toujours défectueux pour la navigation.

Nous avons calculé, § 24, les valeurs du rapport $k$ des produits de hautes et de basses eaux du Rhône considéré dans son état actuel, et, d'après l'importance de ce rapport, il est bon de connaître les nouvelles valeurs qu'il aurait par l'emploi des eaux de la réserve. Le tableau suivant les présente.

| INDICATION des LIEUX. | PRODUITS en basses eaux. | | | Plus grands produits dans les crues du Rhône. | VALEURS DU NOMBRE $k$. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | État actuel. | La réserve donnant par seconde | | | État actuel. | La réserve donnant par seconde | | Pour les données indiquées au § 41. |
| | | 460m. | 600m. | | | 460m. | 600m. | |
| Genève. . . | 200 | 460 | 600 | 600 | 3.00 | 1.30 | 1.00 | 0.17 |
| Le Parc. . . | 230 | 490 | 630 | 1000 | 4.35 | 2.04 | 1.59 | 0.79 |
| Lyon. . . . | 260 | 520 | 660 | 5000 | 19.23 | 9.62 | 7.58 | 6.82 |
| Avignon. . . | 480 | 740 | 880 | 12000 | 25.00 | 16.22 | 13.64 | 13.07 |
| Arles. . . . | 520 | 780 | 920 | 14000 | 26.92 | 17.95 | 15.22 | 14.67 |

La seconde et la troisième colonnes de ce tableau sont extraites du tableau du § 25 :

cette troisième colonne donne les produits en supposant qu'on tire 460 mètres par seconde de la réserve, et la quatrième ceux qui correspondraient à un tirage de 600 mètres au lieu de 460. Les chiffres de la cinquième colonne sont les plus grands produits du fleuve, tels qu'on les trouve dans le tableau du § 24. Enfin, les dernières colonnes contiennent les valeurs du rapport $k$.

On voit par ces valeurs que la disproportion du produit en hautes eaux au produit en basses eaux serait considérablement atténuée par l'emploi de la réserve, et que, par conséquent, le régime du fleuve serait beaucoup moins variable.

C'est un résultat qui nous paraît être de la plus haute importance (surtout pour les passages difficiles, comme ceux de Culloz, de Chaffard, de Miribel, de la Voulte, etc.), 1° parce que le thalweg changeant moins, les eaux ne disséminent pas, tantôt dans un endroit et tantôt dans un autre, la puissance qu'elles ont d'approfondir le chenal; 2° parce que les mariniers, en suivant la voie qui était la meilleure à l'époque de leur précédent voyage, ont plus de chance de ne pas rencontrer sur cette voie des hauts-fonds ré-

cemment formés ; 3° parce qu'on est plus certain que tel haut-fond que l'on drague aujourd'hui sera encore, dans huit jours, dans quinze jours, celui qu'on avait dû draguer; 4° parce que, avec la régularisation du régime, le degré d'urgence des différents travaux à faire s'apprécie mieux ; 5° parce que ces travaux sont d'espèces moins diverses et que leurs effets, toutes choses d'ailleurs égales, sont plus assurés ; 6° enfin, parce que les dégradations singulières et imprévues, causées par un état variable et peu connu du fond, sont moins fréquentes.

Quant à la dernière colonne des valeurs de $k$, il en sera question plus loin ( *V.* le § 41 ).

---

## § 39.

### De quelques autres avantages résultant de l'emploi de la réserve.

Si l'on se demande quel effet sera produit sur le fond par un régime où l'eau, à l'étiage, aura plus de volume, on est conduit à examiner,

1° *Comment se comporteront les dépôts.* Or on sait que si l'eau s'abaisse dans le fleuve, la

vitesse diminue et que les sables, de plus en plus ténus, se déposent à mesure qu'on arrive à un étiage plus prononcé. Lorsque, ensuite, les eaux viennent à monter un peu, ces sables, qui auraient été entraînés jusqu'à la mer au moyen d'une plus grande abondance d'eau, sont repris, portés d'un lieu à un autre, et vont augmenter la hauteur des hauts-fonds, jusqu'à ce qu'une grande crue les entraîne. L'emploi de la réserve préviendrait donc des dépôts nuisibles;

2° *Comment agira la corrosion.* Le déboisement, les défrichements et le régime des torrents amènent dans le Rhône des pierres, des sables et des terres. Loin de la mer, ce fleuve a de fortes vitesses qui entraînent ces substances; mais dans le bas Rhône, où les pentes sont faibles, les dépôts exhaussent le fond, et l'action corrosive des crues trouvant chaque année une plus forte besogne à faire, le fond s'élève : c'est du moins ce que l'on croit et ce qu'il est naturel de penser(*b*). Mais si le pro-

---

(*b*) On a remarqué, dans les deux grandes inondations de 1840 et de 1841, que les eaux, près d'Avignon et d'Arles,

duit d'étiage est augmenté, il se formera d'abord moins de dépôts, ainsi qu'on vient de le voir; donc le travail à faire par l'action corrosive sera en cela moins grand. D'un autre coté, la vitesse d'étiage sera plus forte, et pendant tout le temps où la réserve donnera, c'est-à-dire pendant environ deux mois (*V.* le § 25), le travail de la corrosion sera plus puissant.

Il devra résulter de là, évidemment, une augmentation de hauteur d'eau sur la barre, au-dessous d'Arles. Il faudra sans doute plusieurs années pour que le nouveau régime donne tout l'avantage que l'on doit en attendre, mais cet avantage se réalisera, et peut-être même sera-t-il considérable (*c*);

3° *Comment agira la cessation d'emploi de*

---

ont surmonté des digues récemment faites et qu'on avait surélevées : d'où l'on conclut que le fond s'exhausse.

(*c*) Si l'on avait fait des profils sur la barre en temps de basses eaux et en temps de hautes eaux, pendant plusieurs années, et qu'on eût tenu note jour par jour des hauteurs du Rhône, on pourrait apprécier, du moins jusqu'à un certain point, l'effet corrosif d'une addition d'eau d'un milliard de mètres cubes arrivant à la mer en temps d'étiage; mais ces données n'ont sûrement point été recueillies.

*la réserve.* Supposons que la réserve s'épuise avant la fin du chômage, ou qu'on veuille avoir, par exemple, huit ou dix jours d'eaux très-basses sur le Rhône, pour pourvoir chaque année à la réparation des digues et des autres ouvrages établis sur ce fleuve (*V.* le § 33, *Entretien*), les eaux baisseront presque immédiatement, et la question est de savoir si cette promptitude d'abaissement occasionnera des dépôts plus considérables : or, il est évident que, après la cessation d'emploi de la réserve, il n'y aura plus, d'un bout à l'autre du fleuve, qu'un petit transport de sable, opéré par une faible masse d'eau, ce qui ne pourra donner que des dépôts de peu de volume.

Il faut remarquer, toutefois, qu'il se fera dans ce cas de forts attérissements à l'embouchure de l'Arve, de l'Isère et des torrents qui charrient; mais ces cours d'eau, sauf la Durance, confluent avec le Rhône dans des endroits où les pentes sont fortes; il est donc présumable que les dépôts en question seront promptement déblayés. L'étiage dont il s'agit n'aurait lieu d'ailleurs qu'aux époques où l'Arve, l'Isère et la Durance charrient le moins; et quant à l'arrêt des eaux à Genève, au moyen

de la fermeture complète du barrage, pour avoir tout le long du Rhône de plus basses eaux, on n'y aurait recours que si on le voulait.

---

## § 40.

### Calculs relatifs à l'augmentation de hauteur d'eau produite par l'emploi de la réserve.

Considérons un cours d'eau dans un de ses profils en travers, et soient, pour une hauteur quelconque des eaux, P le produit, U la vitesse moyenne, $\omega$ la section, $l$ la largeur de cette section, $h$ sa hauteur moyenne, $\chi$ le périmètre mouillé et I la pente par mètre, on aura l'équation (*d*)

$$0.000044U + 0.000309\,U^2 = \frac{\omega I}{\chi};$$

d'où l'on tire

$$U = -0,14 \pm \sqrt{(0,07)^2 + \frac{\omega I}{0.000309\chi}}.$$

---

(*d*) *V*. les *Recherches physico-mathématiques* de M. de Prony, page 210.

ou, en supprimant les termes négligeables,

$$U = \sqrt{\frac{\omega I}{0.000309\chi}};$$

ce qui donne,

$$P^2 = \omega^2 U^2 = \frac{\omega}{0.000309\chi}.$$

Désignons par les mêmes lettres, accompagnées d'un accent, les mêmes quantités relatives à un autre état du même cours d'eau dans le même profil, et soit $x$ la hauteur des eaux dans ce second état, au-dessus de leur hauteur dans le premier état, on aura

$$P'^2 = \omega'^2 U'^2 = \frac{\omega'^3 I'}{0.000309\chi'}.$$

Et si l'on suppose que les pentes I et I' ne diffèrent que d'une quantité négligeable; que les berges du cours d'eau soient verticales ou à peu près verticales, au-dessus de la hauteur $h$, de manière qu'on ait $l = l'$, et que la largeur soit assez grande pour que les valeurs

$$\chi = l + 2h, \quad \chi' = l + 2(h + x),$$

soient sensiblement égales, il viendra, attendu que l'on a $\omega = lh$ et $\omega' = l(h+x)$,

$$P^2 : P'^2 :: h^3 : (h+x)^3 :$$

ce qui établit le principe connu (*e*) employé plus haut (*V.* le § 21), *que les carrés des produits sont entre eux comme les cubes des hauteurs moyennes correspondantes*, lorsque les parois sont à peu près verticales sur la hauteur $x$, et lorsque $2x$ est négligeable devant $l + 2h$.

Ce principe appliqué au Rhône, considéré à Lyon, dans le cas où la réserve porterait le produit 260 mètres d'étiage à 520 et à 660 (*V.* le § 38), nous a donné le tableau suivant :

---

(*e*) Il nous a paru utile de rapporter dans son entier la démonstration de ce principe, afin que nos lecteurs puissent juger, sans faire aucune recherche, des conditions suivant lesquelles il se trouve applicable avec plus ou moins d'exactitude.

| $l$ | U | $\omega = \frac{P}{U}$ | $h = \frac{\omega}{l}$ | $x$ | H | $\delta$ | $\pi$ | A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1er Cas, P = 260 et P′ = 520. | | | | | |
| 100 | 1.60 | 162 | 1.62 | 0.95 | 2.43 | 0.15 | 3.53 | |
| | 2.00 | 130 | 1.30 | 0.76 | 1.95 | 0.15 | 2.86 | |
| | 2.50 | 104 | 1.04 | 0.61 | 1.56 | 0.15 | 2.32 | |
| 150 | 1.60 | 162 | 1.08 | 0.63 | 1.44 | 0.12 | 2.19 | |
| | 2.00 | 130 | 0.87 | 0.51 | 1.16 | 0.12 | 1.79 | |
| | 2.50 | 104 | 0.69 | 0.41 | 0.92 | 0.12 | 1.45 | 0.15 |
| 200 | 1.60 | 162 | 0.81 | 0.47 | 1.01 | 0.10 | 1.58 | 0.02 |
| | 2.00 | 130 | 0.65 | 0.38 | 0.81 | 0.10 | 1.29 | 0.31 |
| | 2.50 | 104 | 0.52 | 0.31 | 0.65 | 0.10 | 1.06 | 0.54 |
| | | | 2e Cas, P = 260 et P′ = 660. | | | | | |
| 100 | 1.60 | 162 | 1.62 | 1.40 | 2.43 | 0.18 | 4.01 | |
| | 2.00 | 130 | 1.30 | 1.12 | 1.95 | 0.18 | 3.25 | |
| | 2.50 | 104 | 1.04 | 0.90 | 1.56 | 0.18 | 2.64 | |
| 150 | 1.60 | 162 | 1.08 | 0.93 | 1.44 | 0.15 | 2.52 | |
| | 2.00 | 130 | 0.87 | 0.75 | 1.16 | 0.15 | 2.06 | |
| | 2.50 | 104 | 0.69 | 0.59 | 0.92 | 0.1[illegible] | 1.66 | |
| 200 | 1.60 | 162 | 0.81 | 0.70 | 1.01 | 0.12 | 1.83 | |
| | 2.00 | 130 | 0.65 | 0.56 | 0.81 | 0.12 | 1.49 | 0.11 |
| | 2.50 | 104 | 0.52 | 0.45 | 0.65 | 0.12 | 1.22 | 0.38 |

Dans ce tableau, les calculs sont faits pour les trois largeurs 100, 150 et 200 mètres du fleuve, et pour les vitesses moyennes $0^m.60$,

$2^m.00$ et $2^m.50$, lesquelles correspondent à des vitesses *maxima* de $2^m.00$, $2^m.50$ et $3^m.13$. Nous avons tiré des valeurs de P et de U celles de $\omega$; ces dernières, divisées par les valeurs de $l$, nous ont donné $h$, et, par le moyen du principe précédent, nous avons calculé les valeurs de l'exhaussement d'eau $x$, placées dans la cinquième colonne.

Dans la sixième colonne figurent les profondeurs *maxima* H. Nous les avons déduites des profondeurs moyennes $h$, en supposant,

Pour la largeur $l = 100$, que $H = \frac{3}{2} h$;

Pour la largeur $l = 150$, que $H = \frac{4}{3} h$;

Pour la largeur $l = 200$, que $H = \frac{5}{4} h$.

Ces hypothèses sont gratuites, mais elles ne peuvent pas s'éloigner beaucoup de la vérité.

Il résulte de ce qui précède, et notamment des définitions de $x$ et de H, que si l'on usait de la réserve pour la première fois, à la fin d'un chômage, les profondeurs d'eau à l'endroit du thalweg, profondeurs que nous désignons

par $\pi$, seraient égales à $x + h$. Mais après une ou plusieurs années d'emploi de la réserve, le thalweg ayant acquis de la fixité, les profondeurs, en supposant que les largeurs soient demeurées les mêmes, se seraient augmentées (*V*. le § 39) d'une quantité que nous appellerons $\delta$, et qui figure dans la septième colonne. On aura donc

$$\pi = x + \mathrm{H} + \delta;$$

équation qui fournit les chiffres de la huitième colonne, lesquels donnent le tirant d'eau pour la partie du Rhône comprise entre les embouchures de la Saône et de l'Ain. Et comme les conditions sont encore plus favorables, toutes choses égales d'ailleurs, entre le Parc et l'Ain, que de l'Ain à la Saône, on peut dire que les valeurs de $\pi$, dans notre tableau, s'appliquent au Rhône depuis le Parc jusqu'à Lyon.

Supposons qu'on veuille avoir, dans cette partie, $1^{m}.60$ de profondeur d'eau : on voit, par la neuvième colonne, où chaque chiffre indique l'approfondissement $\mathrm{A} = 1^{m}.60 - \pi$, qui porterait à $1^{m}.60$ la hauteur d'eau, pre-

mièrement, que si la réserve donne 460 mètres, c'est-à-dire si $P' = 520^m$, il n'y aura rien à faire sur les parties de 100 mètres de largeur, ni sur celles dont la largeur est de 150 mètres, à moins que la vitesse moyenne ne soit de plus de $2^m.00$, secondement, que si la réserve donnait 600 mètres, c'est-à-dire si l'on avait $P' = 660$, il n'y aurait aucun travail à faire, ni sur les parties de 100 et 150 mètres de largeur, ni même sur celles dont la largeur est de 200 mètres, à moins que la vitesse moyenne en basses eaux ne dépassât $1^m.60$.

Les parties de plus de 200 mètres de largeur en très-basses eaux, du Parc à Lyon, étant fort rares, il n'y a pas lieu de s'y arrêter; et quant aux autres, l'approfondissement A qu'il s'agit d'obtenir, soit par des digues basses de resserrement, soit par le barrage des faux bras, soit par des dragnages, n'étant que de $0^m.15$, $0^m.02$, $0^m.31$ et $0^m.54$ pour le premier cas, et de $0^m.11$ et $0^m.38$ pour le second cas, la question se résoudrait facilement et à peu de frais.

Les difficultés seraient même moindres que le tableau ne le fait supposer. En effet, imagi-

nons qu'entre deux profils éloignés, par exemple de 400 mètres, et où la largeur du fleuve ne soit que de 100 mètres, il y ait une partie de 200 mètres et même plus de largeur, il est évident que la réserve, en donnant sur les parties de 100 mètres des profondeurs de $2^m.32$ ou de $2^m.64$ au moins, porterait sur la partie intermédiaire, sans aucun travail, la hauteur d'eau à plus de $1^m.60$.

D'un autre côté, il faut considérer que la régularisation du régime donnera très-probablement pour $\delta$ des chiffres plus forts que ceux que nous avons employés (*V.* le § 39).

Ainsi, à très-peu de frais on aurait du Parc à Lyon $1^m.60$ de hauteur de mouillage, ce qui est beaucoup plus qu'on ne réclame pour les bateaux à vapeur, dont le tirant d'eau actuel n'est pas d'un mètre (*f*).

Quant à la partie de Lyon à la mer, il fau-

---

(*f*) Comme ces bateaux sont fort longs, et que, dans les tournants, ils ne peuvent avoir leurs extremités et leur milieu tout à la fois dans le thalweg, il faut une hauteur de mouillage plus forte que leur tirant d'eau pour qu'ils ne touchent pas.

drait, vu son importance et sauf à jouir plus tard et à dépenser plus, obtenir comme l'a proposé M. Mondot de la Gorce (*V.* le § 15), une profondeur d'eau de 2 mètres. Nous ne ferons aucun calcul pour ce projet, parce qu'il est assez évident que l'emploi de la réserve donnerait pour l'exécuter de grandes facilités.

Mais, pour jeter quelque jour sur la question, en profitant de calculs tout faits, supposons qu'on ne veuille de Lyon à Avignon que $1^{m}.60$ de profondeur.

D'après le tableau du § 38, on a pour Avignon, en admettant qu'on prenne par seconde 600 mètres dans la réserve, $P' = 880$, c'est-à-dire que cet emploi de la réserve double à peu près le produit du Rhône entre les embouchures de la Saône et de la Durance. Or, il suit de là que les valeurs de $\pi$ et de A, obtenues dans le tableau précédent, pour le premier des deux cas qui sont traités dans ce tableau, s'appliquent sensiblement au grand Rhône, lequel par conséquent serait facile à améliorer, si la réserve du lac de Genève permetrait d'en tirer 600 mètres par seconde

pendant tout le temps où le Rhône présente à Lyon moins de 200 mètres (*g*).

C'est dire combien il est important pour la France de tirer du Léman tout le parti possible.

---

§ 41.

**De l'avantage de pouvoir retenir des eaux à Genève, sous le rapport des inondations du Rhône et sous plusieurs autres rapports.**

En 1840, à l'époque de la grande inondation du Rhône, le limnimètre monta à Genève de la cote 74 pouces à la cote 84, qu'il conserva jusqu'au moment des plus forts débordements. Nous supposons que ces cotes sont celles du limnimètre du grand quai, et dans ce cas, d'après ce qu'on a vu § 21, on peut évaluer à 487 mètres par seconde le produit que le Rhône présentait à la sortie du lac. Or, au moyen du barrage, ce volume d'eau pourrait être retenu pendant un certain temps, et

---

(*g*) Nous raisonnons toujours dans l'hypothèse où le produit à Lyon, dans les plus basses eaux, serait de 260 mètres; si ce produit est moindre tout devient plus facile.

de là plusieurs avantages qu'il importe d'examiner :

1° *Régime du Rhône.* Supposons qu'au moyen du barrage de Genève on arrête l'écoulement du lac, en retenant pendant toute la durée de l'inondation 500 mètres cubes d'eau par seconde. Les produits en grandes eaux, indiqués dans la cinquième colonne du tableau du § 38, devront être diminués de 500 mètres, et les rapports $k$, de ces produits diminués aux produits de l'étiage factice de la quatrième colonne du même tableau, deviendront ceux de la neuvième colonne, lesquels sont très-sensiblement au-dessous de ceux de la huitième. Le Rhône, ainsi retenu dans les inondations, éprouverait donc dans tout son cours une amélioration de régime très-forte. Or, c'est une considération qui peut avoir des avantages d'une haute importance. Quelques-uns de ces avantages vont être développés tout à l'heure.

2° *Inondations.* Le volume d'eau retenu en vingt-quatre heures, à raison de 500 mètres par seconde, est de 43,200,000 mètres cubes, et pour la superficie de 600,000,000 mètres de la réserve, ce volume répond à une tranche d'eau

d'une hauteur de $0^m.072$, d'où il suit que si le lac était tenu ordinairement (*V.* le § 37) à $0^m.30$ au-dessous de son plein, on pourrait arrêter 500 mètres d'eau par seconde pendant quatre jours et quatre heures, sans que la retenue excédât son maximum de hauteur. Et comme la durée des grands désastres n'atteint guère quatre jours, on voit que ces désastres seraient amoindris, si le barrage de Genève était fermé dans le moment opportun.

Calculons maintenant la diminution de hauteur d'eau qui résulterait de cette manœuvre pour un point quelconque du fleuve. Désignons-la par $x$, et afin qu'on puisse juger des choses pour deux cas bien différents, prenons le produit P égal à 250 et à 500 mètres. Enfin, représentons par $l$ la largeur du fleuve et par U sa vitesse moyenne; nous aurons

$$lUx = 250 \quad \text{et} \quad lUx = 500,$$

ce qui donne

$$x = \frac{250}{lU} \quad \text{et} \quad x = \frac{500}{lU}.$$

Mais l'abaissement, que nous nommerons $y$, du niveau de l'inondation est plus grand que

$x$. En effet, nous avons vu § 39 que la régularisation du régime et l'augmentation du produit factice d'étiage opéreraient un creusement du Rhône aux endroits où sont les hauts-fonds : cette hauteur de creusement doit donc s'ajouter à $x$ pour donner $y$. Malheureusement il est difficile d'apprécier cette dernière quantité. Il nous semble, toutefois, que les avantages ne seront pas amplifiés si nous prenons, savoir :

$$\text{Pour } P = 250, \quad y = x + 0.05,$$
$$\text{et pour } P = 500, \quad y = x + 0.08.$$

Au moyen de ces valeurs de $x$ et de $y$ nous avons formé le tableau suivant, dans lequel, vu qu'il s'agit de grandes eaux, les vitesses moyennes ne sont pas au-dessous de 2 mètres, et correspondent à des vitesses *maxima* égales à $2^m.30$, $3^m.125$ et $3^m.75$.

| Largeurs $l$. | Vitesses moyennes U. | Produits $lU$. | Pour P = 250. Valeurs de $x$. | Pour P = 250. Valeurs de $y$. | Pour P = 500. Valeurs de $x$. | Pour P = 500. Valeurs de $y$. | INDICATION de quelques lieux qui sembleraient devoir jouir des abaissements d'eau calculés. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 2.00 | 200 | 1.25 | 1.30 | 2.50 | 2.58 | |
| | 2.50 | 250 | 1.00 | 1.05 | 2.00 | 2.08 | |
| | 3.00 | 300 | 0.83 | 0.88 | 1.67 | 1.75 | Collonge et Seyssel. |
| 150 | 2.00 | 300 | 0.83 | 0.88 | 1.67 | 1.75 | |
| | 2.50 | 375 | 0.67 | 0.72 | 1.33 | 1.41 | |
| | 3.00 | 450 | 0.56 | 0.61 | 1.11 | 1.19 | Les plaines de Culloz. |
| 200 | 2.00 | 400 | 0.63 | 0.68 | 1.25 | 1.33 | |
| | 2.50 | 500 | 0.50 | 0.55 | 1.00 | 1.08 | Les plaines de Chaffard. |
| | 3.00 | 600 | 0.42 | 0.47 | 0.83 | 0.91 | Les plaines de Miribel. |
| 250 | 2.00 | 500 | 0.50 | 0.55 | 1.00 | 1.08 | |
| | 2.50 | 625 | 0.40 | 0.45 | 0.80 | 0.88 | Lyon, Tain et Valence. |
| | 3.00 | 750 | 0.33 | 0.38 | 0.67 | 0.75 | |
| 300 | 2.00 | 600 | 0.42 | 0.47 | 0.83 | 0.91 | |
| | 2.50 | 750 | 0.33 | 0.38 | 0.67 | 0.75 | |
| | 3.00 | 900 | 0.28 | 0.33 | 0.55 | 0.63 | La Voulte et St-Andéol. |
| 350 | 2.00 | 700 | 0.36 | 0.41 | 0.71 | 0.79 | Avignon. |
| | 2.50 | 875 | 0.29 | 0.34 | 0.57 | 0.65 | |
| | 3.00 | 1050 | 0.24 | 0.29 | 0.48 | 0.56 | |
| 400 | 2.00 | 800 | 0.31 | 0.36 | 0.63 | 0.71 | |
| | 2.50 | 1000 | 0.25 | 0.30 | 0.50 | 0.58 | |
| | 3.00 | 1200 | 0.21 | 0.26 | 0.42 | 0.50 | |

La difficulté serait maintenant de savoir à quelles localités s'appliquent les abaissements $y$ du niveau des inondations. Sur ce point

nous manquons de données, mais, d'après les souvenirs que nous avons conservés des largeurs et des vitesses du fleuve, nous avons cru pouvoir indiquer, dans la dernière colonne, quelques lieux qui nous semblent devoir profiter des abaissements d'eau calculés.

Ainsi, pour Collonge, dans le canton de Genève, la largeur n'excédant pas 130 mètres et la vitesse pouvant bien être de 3 mètres, l'abaissement serait de $0^m.88$ à $1^m.75$, pour un produit retenu de 250 à 500 mètres.

A Seyssel, entre les quais, la largeur n'est que de 80 à 100 mètres, ce qui donnerait le même résultat qu'à Collonge.

A Lyon, la largeur étant de 250 mètres et la vitesse étant estimée à $2^m.50$, l'abaissement serait de $0^m.45$ à $0^m.88$.

Pour Avignon, nous supposons que la vitesse moyenne est de plus de $2^m.00$ et que l'abaissement serait $0^m.41$ à $0^m.79$.

Chacun peut, comme on voit, avec les renseignements qu'il a pour un point donné, juger de l'abaissement des grandes eaux en ce point; mais il faut bien remarquer que cet abaissement ne dépend pas uniquement de la largeur et de la vitesse au point en question; il dé-

pend aussi évidemment des resserrements qui peuvent exister à peu de distance en aval.

Si l'on fait attention que dans les débordements les derniers décimètres de crue sont ceux qui rompent les ponts, qui coupent les digues et les levées, qui envahissent des terrains ou des bâtiments qu'on croyait en sûreté, et qui étaient, par cette raison, ceux-là mieux cultivés, ceux-ci mieux habités, on verra que les abaissements du plan d'inondation, lors même qu'ils se réduiraient à $0^m.20$ et $0^m.30$, seraient encore d'une très-grande utilité.

Et l'on remarquera que nos calculs donnent probablement des chiffres faibles, car l'amélioration du régime doit produire sur les hauts-fonds, du moins nous le présumons, des approfondissements beaucoup plus grands que ceux de $0^m.05$ et de $0^m.08$ que nous avons employés pour l'évaluation de $y$.

Mais en faisant tout à fait abstraction de ces approfondissements, il sera encore manifeste qu'il y a des lieux, comme les plaines de Culloz, de Chaffard et de Miribel, où l'amélioration serait immense. Ainsi, à Culloz, le produit du fleuve en grandes eaux est peu

considérable (*V.* le tableau du § 24) et ce produit étant diminué de 250 à 500 mètres, une forte inondation se trouvera changée en crue ordinaire (*h*).

3° *Navigation.* Les grandes crues arrêtent la navigation; donc, si les hautes eaux étaient limitées plus bas, on naviguerait pendant des temps où la circulation des bateaux est empêchée; et il faut ajouter que les grandes vitesses gêneraient moins.

4° *Ponts suspendus.* On se plaint de ce qu'un grand nombre de ponts suspendus ne sont pas assez élevés, ce qui les expose à être emportés dans les temps de grandes eaux et ce qui les rend nuisibles à la navigation : ces inconvénients seraient diminués et les ponts

---

(*h*) On peut bien au moyen de digues garantir les terrains, mais il faut une digue pour chaque endroit, et il faut des travaux d'entretien. L'exécution des digues, en général, c'est la médecine des effets, et l'arrêt des eaux à Genève, c'est la médecine des causes. A l'occasion de la digue de Landaise, dans un rapport du 27 janvier 1842, nous avons fait voir que les plaines abritées par cette digue se trouveraient à peu près soustraites aux inondations par l'exécution des travaux de Genève. Malheureusement il n'en serait pas ainsi pour le bas Rhône, qui ne serait préservé que de l'excès du mal.

à construire seraient d'un établissement un peu plus facile et un peu moins cher ;

5° *Levées, routes, digues, etc.* Dans les inondations, les levées servant de chemins de halage, les routes qui longent ou traversent la vallée du Rhône, les digues insubmersibles qui garantissent les propriétés, etc., se trouvent souvent coupées, et sous ce rapport deux ou trois décimètres d'eau de plus augmentent quelquefois singulièrement les ravages; or ces ravages seraient diminués par l'emploi de la réserve, et en même temps les nouveaux ouvrages de ce genre seraient moins chers, ou bien, à prix égal, ils présenteraient plus de sûreté.

---

§ 42.

Avantages commerciaux et politiques.

Depuis plusieurs années un service de bateaux à vapeur se maintient de Lyon à Seyssel et au lac du Bourget (*i*). Cependant ce

---

(*i*) Il y a un petit chemin de fer entre ce lac et Chambéry,

service est obligé de lutter contre de graves difficultés. En effet, le Rhône faute d'eau ne donne bien souvent qu'une mauvaise navigation, et d'ailleurs, en quittant ce fleuve pour aller à Genève, on est obligé de suivre des routes à fortes pentes. Il résulte de là que les voyageurs ne prennent guère la voie du Rhône pour se rendre en Suisse que lorsqu'ils ont besoin de s'arrêter à Seyssel ou à Aix en Savoie.

Il est évident que si le Rhône conduisait jusqu'au lac de Genève, au moyen d'un transbordement commode à Malpertuis, la navigation qui existe déjà s'accroîtrait beaucoup, et d'une façon d'autant plus rapide que le lac a aussi une navigation toute faite, avec ses mariniers expérimentés, son matériel considérable et ses ports de Genève, Versoix, Coppet Nyon, Rolle, Morges, Ouchy, Lutry, Cully, Vevay, Villeneuve, Saint-Gengoulph, Evian et Thonon. Quant aux voyageurs, à la descente surtout, ils suivraient presque tous la

---

de sorte qu'on descend en un jour de cette ville à Lyon. La remonte s'opère en un jour et demi.

route d'eau, ainsi que cela se fait de Lyon à Avignon.

Le poids des marchandises qui vont de Lyon à Genève n'est guère que de 28,000 tonnes par an, ce qui paraît bien peu, si l'on considère que la Suisse a besoin de notre houille, laquelle ne figure que pour un tiers dans ce poids. Mais la route de Genève présente encore, à Cerdon et au Crédo, de très-fortes pentes, ce qui rend le transport par terre fort dispendieux. S'il devenait beaucoup plus économique par eau, nous exporterions plus de marchandises en Suisse, et en revanche elle nous enverrait une plus grande quantité de ses produits.

Aujourd'hui ce qu'elle tire de la Méditerranée ne lui arrive plus que rarement par la France. Avec une navigation à bon marché, le transit qui nous fuit nous reviendrait à l'avantage de tous les consommateurs. Ce transit, en créant des relations, en mettant plus de personnes à même de connaître ce que nous produisons d'avantageux pour nos voisins et, parmi les choses qui nous manquent, celles qu'ils peuvent nous fournir à bas prix, étendrait le cercle de nos affaires.

Mais pour que la navigation de Seyssel au lac Léman fût à bon marché, il faudrait qu'il n'y eût de péages ni à Malpertuis, ni au canal à faire dans les fortifications de Genève (*V.* la note 9). Il serait donc à désirer, si ce n'était très-long et très-peu praticable, que les différents états intéressés se cotisassent pour procéder à l'exécution avec leurs propres fonds. On évitera toute difficulté à cet égard en opérant par la voie d'un emprunt (*V.* le § 48).

Ces considérations suffiront sans doute pour justifier l'exécution des travaux à faire de Seyssel à la Suisse; mais deux autres motifs s'y ajoutent.

Le premier, c'est que l'ouvrage de Malpertuis est extrêmement désirable pour le littoral du lac de Genève (*V.* le chapitre suivant), et que cet ouvrage nécessitant les travaux qui transformeront ce lac en réservoir (*V.* le § 36), le nord de la Savoie, les cantons de Genève, de Vaud, du Valais et toute la Suisse, nous donneront la main pour presser l'exécution de ces travaux.

Le second, c'est que la Suisse est sollicitée de se joindre à l'Allemagne et à la Savoie par une alliance douanière qui serait funeste pour

nous. Or, nous devons, en augmentant nos rapports avec Genève, Neufchâtel (*j*), Lausanne, etc., prévenir ce malheur.

Envisagerons-nous la question sous le rapport politique ? Des liens de confraternité lient la France à la Savoie et à la Suisse ; notre langue est en usage à Chambéry, à Bâle ; c'est presque la seule qu'on parle à Genève, à Lausanne, à Neuchâtel, à Soleure. Ajoutez à ces habitudes communes, à des mœurs pareilles, des relations commerciales plus nombreuses ; secondez les Genevois intelligents qui sont venus chez nous faire marcher l'entreprise des bateaux à vapeur du haut Rhône ; demandez à la Suisse et à la Savoie leurs divers produits, et notamment leurs bois, et envoyez leur à bas prix nos sels, nos houilles, nos vins, nos fontes moulées et des denrées coloniales qui leur parviennent maintenant par la Hollande et par Gênes, et vous aurez de nou-

---

(*j*) Si la communication de Lyon à Genève devenait facile, on ne tarderait sans doute pas à exécuter, de Lausanne à Neuchâtel, un chemin de fer dont le tracé, en suivant le canal projeté dit d'Entre-Roche, par la Venoge et l'Orbe, est très-praticable (*V.* le § 46).

veaux gages de paix, en même temps que, si la guerre survenait, nos plus près voisins seraient de bons alliés.

Quant à l'importance de la navigation du Rhône au-dessous de Seyssel, et surtout au-dessous de Lyon, il serait superflu de s'y arrêter. Perfectionner cette navigation, la perfectionner plus vite, la perfectionner à moins de frais, la perfectionner plus sûrement et plus largement que par tout autre moyen, c'est accroître dans une grande proportion le commerce du Midi, c'est accroître nos relations avec la Méditerranée, ce lac français qui nous est si utile, en un mot c'est augmenter notre richesse nationale et notre influence politique.

# CHAPITRE VIII.

## DES AVANTAGES DE LA SUISSE ET DE LA SAVOIE DANS LA QUESTION DES TRAVAUX DE GENÈVE ET DE MALPERTUIS, ET DE LA RÉPARTITION DES DÉPENSES ENTRE LES ÉTATS INTÉRESSÉS.

---

### § 43.

**Avantages du Valais et du pays de Vaud.**

Le Rhône dans le Valais charrie beaucoup, et le Léman, comme tous les étangs, présente à l'endroit où il reçoit le fleuve des terrains bas, qui, ainsi que nous l'avons dit § 2, s'accroissent continuellement. La longueur développée de ces terrains sur le littoral est d'environ 18,000 mètres : ils ne sont presque jamais submergés; mais dans les grands vents la bordure, sur une superficie de peut-être 36 hectares, éprouve un préjudice notable.

Sur le canton de Vaud il y a aussi des terrains bas; ils sont en général inclinés, et quelques-uns sont submergés dans les eaux très-hautes : il nous a semblé que la superficie qui éprouve des préjudices ne pouvait guère dépasser 45 hectares (*a*).

Auprès de Vevai, les murs de terrasse qui soutiennent les vignes et d'autres qui soutiennent la grande route le long du lac, sont quelquefois dans les très-hautes eaux coupés par l'effet des vagues. En 1841, après la tempête du 14 juillet, M. Perdonnet voulut bien nous conduire de Lausanne à Villeneuve, et il nous fit remarquer les dégradations que le concours des vents et des hautes eaux venaient de produire : la circulation avait été interceptée pendant plusieurs jours.

Les travaux de l'agriculture étant extrêmement soignés en Suisse, et notamment auprès de Vevai, on conçoit que les riverains du lac soient très-mécontents quand ils se figurent que leurs voisins de Genève exhaussent les eaux du Rhône.

---

(*a*) Nous nous étions proposé, en 1840, de mesurer cette superficie; le temps nous a manqué pour cela.

Mais de là il faut conclure que, bien éclairés sur nos propositions, ils doivent vivement les appuyer. En effet, ne proposons-nous pas un abaissement d'eau considérable? un abaissement d'eau qui pourrait être de 1m.124 (*V.* le § 26)? un abaissement d'eau qu'ils n'ont jamais pu espérer, et qui ne peut être obtenu par aucun autre moyen (*b*)?

Dira-t-on que les eaux seraient plus longtemps hautes? Ce serait sans fondement; car, d'après ce qu'on a vu § 47, elles ne seront guère à leur hauteur *maxima* que deux mois au plus par an, et c'est à peu près ce qui arrive maintenant, sauf que la hauteur *maxima* est de 1m.124 plus forte que celle qu'on peut obtenir.

Enfin les Valaisans et les Vaudois des bords du lac penseraient-ils que l'époque des hautes eaux serait plus fâcheuse pour eux? En cela

---

(*b*) Pour que les eaux s'élèvent moins, il faut absolument un plus grand débouché à Genève, ce qui exige des draguages; mais ces draguages étant faits, il faut un barrage, sans quoi les eaux d'hiver seraient trop basses et nuiraient à la navigation; d'où l'on voit que l'abaissement des hautes eaux oblige à exécuter justement des travaux de l'espèce de ceux que nous proposons.

ils méconnaîtraient un des principaux avantages sur lesquels ils doivent compter : c'est qu'aujourd'hui les hautes eaux viennent de bonne heure, à des époques sur lesquelles aucune volonté n'a la moindre influence et qui sont nuisibles aux foins et aux céréales, tandis que, après l'établissement de la réserve, le lac n'atteindra son plein (*V.* le § 37) que vers le 1er septembre pour les basses eaux du Rhône en automne, et vers le 1er avril pour les basses eaux du printemps. Encore est-il douteux, pour cette dernière époque, que la réserve s'emplisse entièrement.

Ainsi, les cantons du Valais et de Vaud n'ont à attendre, du nouveau régime du lac, que des avantages manifestes. Ces avantages pourront être plus ou moins grands, selon ce qui sera réglé après examen; mais, en définitive, ils permettront de réparer les murs de terrasse aussi facilement et plus facilement même qu'avec le régime actuel; ils n'empêcheront nullement d'user des graviers du littoral pour l'entretien des routes, et pour toujours ils préserveront d'inondation les terrains bas dont le pays se préoccupe si fortement.

En 1840, lorsqu'il a été question pour la

première fois de faire du lac de Genève un réservoir d'alimentation du Rhône, les habitants du pays n'ont pas accueilli cette idée, parce qu'ils ont entendu que, pour enmagasiner une masse d'eau d'un milliard de mètres cubes dans le Léman, il faudrait inonder les terrains bas, et il était en effet très-naturel de repousser, comme propositions qui s'excluaient, celle d'avoir une réserve d'eau considérable, et celle d'abaisser le niveau d'inondation. Beaucoup de personnes instruites ne sont arrivées même que difficilement à comprendre que ces deux propositions peuvent parfaitement bien se concilier. Nous espérons que cet écrit lèvera sous ce rapport tous les doutes, et qu'il mettra les riverains du lac au nombre de nos partisans les plus zélés, non-seulement parce que leurs propriétés se trouveront améliorées par le nouveau régime des eaux; mais encore parce que les cantons du Valais et de Vaud participeront à tous les avantages que la Suisse éprouvera (*V.* le § 46), et qu'ils y participeront plus directement et plus fortement que les habitants des autres cantons, celui de Genève excepté.

---

## § 44.

### Avantages de Genève, quant aux hautes eaux et quant à la navigation.

En ce qui concerne les hautes eaux, le canton de Genève, pour quelques terrains très-peu considérables, a des intérêts pareils à ceux du Valais et du pays de Vaud; l'abaissement du niveau des crues sera donc un avantage pour les Genevois.

Mais un objet qui est pour eux d'une plus grande importance, c'est l'accès de leur port. Actuellement, comme nous l'avons déjà dit (*V.* le § 37), les basses eaux empêchent les bateaux à pleine charge d'y arriver. La cote de l'étiage le plus prononcé est de $2^{m}.864$; elle sera de $3^{m}.021$ (*V.* les §§ 19 et 26) au moment où la dernière tranche de la réserve viendra d'être tirée; ainsi on aura sous ce rapport un avantage exprimé par le chiffre $0^{m}.154 = 3.021 - 2.867$. Cependant, les très-basses eaux étant rares, il pourrait y avoir en définitive perte pour la navigation, si le nouvel étiage, bien qu'il soit plus élevé, devait être beaucoup plus fréquent. La question

serait donc de savoir si le nombre des jours de navigation difficultueuse sera augmenté, maintenu ou diminué.

N'ayant pas par devers nous les hauteurs d'eau du Rhône observées à Lyon, nous n'avons pu faire les calculs qui devront accompagner un projet définitif et qui résoudront cette question; mais nous sommes porté à croire que le nouvel état de choses ne serait pas moins avantageux que l'ancien. Voici nos raisons :

La moyenne des cotes d'étiage du lac, depuis 1806 jusqu'à 1837, pour le limnimètre de la machine, est de 17 pouces et demi, ce qui place l'étiage moyen à $0^m.474$ au-dessus des plus basses eaux et par conséquent à $0^m.320$ au-dessus du niveau inférieur du réservoir projeté. Cela posé, on remarquera que pour satisfaire aux besoins du Rhône pendant l'étiage d'automne, il ne sera probablement jamais nécessaire de vider toute la réserve; elle restera donc, en général, pleine en partie pendant l'hiver. Or, pour peu qu'il y restât $0^m.320$ de hauteur d'eau disponible, le nouvel état de choses serait équivalent à l'ancien; et comme il est présumable que le

réservoir s'emplira en hiver, il n'est guère douteux que le projet proposé n'améliore le port de Genève.

Mais on peut nous dire que ce projet n'est pas convenablement fait; que le port en question est d'une grande utilité; qu'il reçoit tous les bateaux des autres ports du Léman, et qu'il nous était facile de l'améliorer. En effet, dira-t-on, le niveau moyen des hautes eaux de 1836 à 1837, inclusivement, est de $0^m.65$ au-dessous des plus hautes eaux; donc il était suffisant, dans l'intérêt des bas terrains du Valais et du pays de Vaud, d'abaisser le plan des eaux de grande inondation de $0^m.65$, puisque ces terrains auraient encore eu l'avantage d'un état de choses plus régulier, celui de ne plus redouter des crues extraordinaires et celui d'avoir les eaux hautes à une époque plus tardive et moins nuisible pour les foins et pour les céréales (*V.* le § 43). Or, au lieu de cet abaissement de $0^m.65$, c'est celui de $1^m.124$ que le projet présente; on avait donc à disposer de $0^m.474$, et si on avait élevé le niveau inférieur de la réserve de ces 474 millimètres, on aurait procuré au port de Genève une amélioration d'une grande va-

leur, non-seulement pour Genève; mais pour tout le littoral du lac et pour toute la Suisse.

A cela nous répondrons:

En premier lieu, que le Valais et le pays de Vaud n'ont véritablement aucun droit à l'amélioration que ces $0^{m}.474$ peuvent donner, mais que le port de Genève n'y a non plus aucun droit, si comme nous le croyons, et comme le calcul appliqué aux données qu'on a recueillies sur les hauteurs journalières du lac nous le fera voir plus tard probablement, le nouvel état de choses n'empire pas la situation du port, et que, au contraire, il améliore cette situation.

En second lieu, que, avec ces $0^{m}.474$ accordés à Genève, le port de cette ville serait encore défectueux, et que, si on veut fortement qu'il soit amélioré, c'est par l'exécution d'une digue ou jetée ΠΔΩ (*V.* la *fig.* 5) qu'il faut procéder. Cette jetée se terminerait au delà du banc de travers; elle aurait 2,000 mètres environ de longueur; elle coûterait au plus 500,000 francs, et elle laisserait, le long de la côte, un chenal qui une fois dragué ne s'encombrerait jamais et donnerait, en hiver, un moyen excellent d'arriver à

Genève (*c*). Ainsi, le problème d'améliorer le port de Genève serait parfaitement résolu.

En troisième lieu, c'est que la France devant à cause du Rhône participer à la dépense des travaux (*V.* le § 48), sans quoi ils ne se feraient pas, il est dans l'intérêt du Valais, du pays de Vaud, de Genève et de toute la Suisse, que ces $0^{m}.474$ soient employés à augmenter le volume de la réserve de 284 millions de mètres, ce qui la porterait à 1,284 millions, et de s'appuyer sur cet avantage accordé à la France, pour obtenir d'elle, 1° que l'ouvrage de Malpertuis soit fait, s'il est praticable; 2° que, s'il est impraticable, on établisse un chemin de fer de Seyssel à Genève, afin qu'on ait dans tous les cas une bonne voie de communication entre ces deux points; 3° que le gouvernement français, au besoin, facilite l'exécution par des subventions proportionnées à ses avantages.

En ce qui concerne les terrains bas du Valais et du pays de Vaud, il s'agissait donc d'un

---

(*c*) Les remblais de cette jetée proviendraient des draguages du chenal, des déblais du canal des fortifications et des curages du Rhône à l'amont du barrage; elle aurait probablement 10 à 15 mètres de largeur et pourrait être plantée.

acte de justice, et nous avons voulu montrer qu'on pouvait ne pas se borner à être juste et que, si on le voulait, on pouvait être généreux. Mais, quant au port de Genève, il ne s'agissait que d'une négociation à la fin de laquelle, après un partage équitable des dépenses, les deux états seront l'un et l'autre avantagés (*V.* le § 48), savoir : la France par une réserve d'eau plus forte, et Genève par l'exécution de la jetée.

---

§ 45.

**Avantages de Genève, quant à la force motrice du Rhône, quant aux embellissements de la ville et quant à son commerce.**

1° *Force motrice du Rhône.* Nous avons supposé § 2 que, au moment où l'on tirera les eaux de la tranche inférieure de la réserve, la chute serait encore de $0^m.30$. Avant ce moment elle serait plus forte; et après le tirage elle serait plus forte aussi, car alors les eaux du fleuve à l'aval du barrage auraient éprouvé de l'abaissement. Or, avec la chute de $0^m.30$ seulement, chaque mètre d'eau qui traversera le barrage aura une force de quatre chevaux; on

doit concevoir, d'après cela, qu'après l'exécution des travaux de Genève la puissance motrice ne manquera pas.

Mais la question est de pouvoir utiliser cette puissance. Si le barrage est établi en amont de l'île, la machine actuelle pourra être conservée. S'il est en aval de l'île, dans une partie large du fleuve, ainsi que nous l'avons déjà dit (*V.* le § 28), on pourra très-probablement construire des usines à droite et à gauche. Enfin il y aura peut-être un autre moyen d'utiliser la force des eaux ; voici ce moyen :

La navigation du canal UVXYZW (*V.* la *fig.* 5) ne paraissant pas devoir être fort active, il suffirait vraisemblablement qu'elle eût lieu à la remonte deux heures le matin et deux heures le soir. Or, dans ce cas, on pourrait dériver par ce canal une certaine masse d'eau et construire une usine auprès du point V, où les emplacements paraissent avantageux. Cette usine tournerait vingt heures sur vingt-quatre.

2° *Embellissement de la ville.* Le facile écoulement des eaux exigeant la destruction de toutes les bâtisses irrégulières qui gâtent l'as-

pect du Rhône (*V.* le § 28), on doit reconnaître que ce serait pour Genève un grand avantage que le nettoiement de ce fleuve tel que nous le proposons. Les élargissements à faire en aval et le dépôt des graviers et des terres argileuses obtenus par le draguage produiraient tout naturellement, depuis la ville jusqu'à l'Arve, une promenade qui serait un second objet d'embellissement. Le canal UVXYZW serait aussi d'un effet agréable, et la jetée ΠΔΩ, bien plantée et d'un tracé gracieux, offrirait entre le canal et le lac un des beaux points de vue de la Suisse.

Il faut ajouter, que les bateaux à vapeur amenant des voyageurs de Lyon, que le mouvement de la navigation dans le fossé de la place, que les établissements nouveaux qui se formeraient, etc., rendraient la ville de Genève plus active encore et plus fréquentée par les étrangers qu'elle ne l'est.

3° *Commerce.* Mais les améliorations dont il vient d'être question sont d'une faible utilité en comparaison des avantages commerciaux à obtenir. Aujourd'hui les denrées coloniales arrivent à la Suisse par Bâle, où le mouvement des affaires s'accroît, tandis qu'il dé-

croît à Genève. Avec les travaux proposés Genève reprend de l'importance et devient l'entrepôt du commerce de la Suisse avec la Méditerranée et avec le midi de la France, commerce qui, dans la même hypothèse, s'accroît au profit de Lyon, de Beaucaire, d'Arles et de Marseille.

---

## § 46.

### Avantages de la Suisse.

Les voyages sont devenus un des besoins de notre époque; toutes les têtes travaillent, et pour qu'elles se reposent il faut se distraire. La civilisation ayant répandu l'aisance, beaucoup de personnes peuvent aller chercher la distraction dans le plaisir de voir des pays et des peuples intéressants. Le voyage de la Suisse, sous ce rapport, est un de ceux qu'on préfère, non-seulement à cause de l'extrême beauté des sites, et à cause de l'intérêt qu'excitent les montagnes couvertes de neige, l'aspect singulier des glaciers et la navigation des lacs; mais encore parce que

les Suisses sont honnêtes, bons, hospitaliers; parce que leurs villes sont propres et bien bâties; parce que leur culture est très-soignée; parce que plusieurs de leurs cités, et notamment Genève, sont remarquables par le progrès des sciences, et parce que les Suisses, bien qu'ils manquent d'un pouvoir central fortement constitué, sont bien administrés, nomment eux-mêmes leurs gouvernants et savent faire respecter et estimer leur liberté et leur indépendance.

Aussi regarde-t-on comme une des grandes ressources de ce pays, peu productif à cause de ses montagnes, l'avantage de recevoir chaque année, de toutes les parties du monde, un nombre considérable de voyageurs.

Les Suisses sont donc très-intéressés à ce qu'on arrive chez eux facilement; et les améliorations que peut éprouver la ligne de communication de Lyon à Genève sont un des progrès qu'ils doivent solliciter le plus ardemment.

Si le Rhône devient navigable jusqu'à Genève, les denrées coloniales, les sels, les fers ouvrés et les charbons français (*V.* le § 42) arriveront en Suisse à plus bas prix et en plus

grande quantité; le lac de Genève sera beaucoup plus fréquenté; les bois et toutes les productions du Valais, du pays de Vaud, du canton de Neufchâtel, etc., parviendront en France plus facilement, et ces progrès amèneront d'autres progrès.

Un de ceux, par exemple, qui ne se feront sûrement pas attendre, c'est l'exécution d'un chemin de fer de Lausanne à Iverdun, entre les lacs de Genève et de Neufchâtel (*V.* le *renvoi* (*j*) du chapitre V, page 182). Ce chemin est d'une exécution facile, et si on le faisait avec des rails en bois garnis d'une bande de fer, et pour un simple parcours de wagons remorqués par des chevaux (*d*), il serait vraisemblablement d'une utilité plus que proportionnée à la dépense qu'il exige. Il améliorerait beaucoup la ligne déjà très-fréquentée qui lie, par les lacs de Neufchâtel et de Bienne, les villes de Genève et de Bâle, l'une sur le Rhône, l'autre sur le Rhin, au moyen

---

(*d*) On fait trop peu d'usage de ces chemins : ils conviennent dans les pays accidentés et lorsqu'il faut opérer avec de petits rayons et à bas prix.

desquelles l'Océan et la Méditerranée communiquent par eau avec l'Helvétie.

Et puisque nos projets sont d'une faible dépense; puisqu'ils sont pour la France et pour Genève d'un immense intérêt, et que ces deux pays, ainsi qu'on le verra § 48, peuvent procéder à l'exécution sans rien demander à la Suisse, on peut espérer que dans tous les cantons on s'occupera des questions soulevées dans cet écrit, et que bientôt les esprits éclairés jugeront les choses sainement et seconderont de leurs vœux et de leurs lumières l'entreprise utile dont il s'agit.

---

## § 47.

### Avantages de la Savoie.

Le Rhône et le lac de Genève servent de limites à la Savoie, le premier depuis le Guiers jusqu'à la London, et le second entre les cantons de Genève et du Valais. Il suit de là que le nord de la Savoie, et notamment les villes de Chambéry, Seyssel-Savoie, Aix, Annecy, Bonneville, Sallanches, Chamouny, Evian, Tho-

non, etc., sont intéressées à l'amélioration du Rhône navigable et à la jonction de ce fleuve avec le Léman.

Cependant le gouvernement sarde, suivant Delande (*e*), s'est opposé autrefois à ce qu'on fît des opérations sur son territoire pour les projets de Seyssel au lac de Genève. Mais il s'agit d'une époque éloignée de 80 ans, où le besoin des communications était moins senti; et l'on peut concevoir très-bien que la Savoie, qui possédait la route d'Italie par Chambéry et Turin, pouvait craindre que cette route, bien qu'elle fût alors fort défectueuse comme toutes les routes des Alpes, ne devînt moins fréquentée. Aujourd'hui ces jalousies disparaissent, et la Suisse et la Savoie se trouvent liées par un intérêt commun, celui d'amener beaucoup d'étrangers dans les Alpes; car la plupart de ceux qui visitent l'un de ces deux pays veulent aussi connaître l'autre. Aussi voit-on de grandes améliorations sur les lignes de communication de la Savoie voisines de la Suisse et de la France, témoin le pont suspendu de

---

(*e*) *Histoire des canaux*, page 213.

la Caille, entre Annecy et Genève; les nouveaux tracés des Echelles à Chambéry et de Seyssel à Blangy ; l'encaissement de l'Isère avec des digues dont l'une recevra ou pourra recevoir des rails ; l'établissement d'un bateau à vapeur sur le lac du Bourget, et l'exécution du chemin de fer de ce lac à Chambéry.

On sait toutefois que pour opérer sur plusieurs États, il y a toujours de grandes difficultés à vaincre, et c'est tout naturel, puisqu'il y en a souvent d'énormes pour opérer chez soi. D'après les traités on a borné le long du Rhône, sur la Savoie et sur la France, deux lignes polygonales appelées *parallèles*, entre lesquelles chacun des deux États s'est interdit l'exécution de toute espèce de travaux publics sans le consentement particulier de l'État voisin. Beaucoup de personnes considèrent cette clause comme un empêchement à l'amélioration du fleuve, et ces personnes se fondent sur ce que les parallèles n'ont point été tracées comme il fallait qu'elles le fussent dans l'intérêt bien entendu de la navigation. Mais il nous semble que ces personnes sont tout à fait dans l'erreur. Il ne serait pas possible, en effet, que les commissaires qui font une semblable délimi-

tation s'occupassent préalablement des travaux que le fleuve réclame, et cette délimitation étant nécessaire et toujours pressante, on la fait pour le mieux sans prétendre la faire bien, et on réserve, comme on l'a fait dans l'intérêt des deux peuples, toutes les questions dont la solution surgira plus tard. Il est d'ailleurs dans le droit des gens que tout ce qui augmente le bien-être humain doit se faire; que tous les gouvernements s'aident dans ce but, et que, en fait de voies de communication notamment, chaque État contribue, autant qu'il le peut, aux perfectionnements utiles pour faciliter le commerce et pour augmenter la richesse des nations.

Ainsi, en France, on améliore et on termine les routes de Genève à Lyon, de Lyon à Seyssel, de Lyon à Chambéry, de Grenoble au Mont-Genèvre et à Turin, de Pont-Saint-Esprit à Gap, à Briançon et au Mont-Genèvre, comme la Savoie elle-même achève et améliore avec soin les moyens de communication, dont nous parlions plus haut, qui intéressent les pays voisins.

On doit donc être assuré de ne rencontrer de la part de la Savoie que des facilités commandées par les avantages à obtenir pour les

contrées du nord de cet État, et par le désir de voir s'achever une œuvre utile au commerce des deux pays. On peut redouter des lenteurs (*V.* § 17), parce que chaque État doit examiner soigneusement tout ce qui touche à sa frontière, et parce que les formes de la diplomatie sont toujours accompagnées de circonspection et de tâtonnement. Mais, toute la question est de rendre les choses claires, de constater qu'il n'y a que du bien à attendre des projets, puis les traités se libelleront à l'avantage mutuel des parties contractantes.

---

## § 48.

### De la répartition des dépenses entre les États intéressés, et du traité à faire.

On voit par ce chapitre et par le précédent que la France, tous les cantons de la Suisse et la Savoie, sont intéressés à l'exécution des travaux de navigation de la mer au lac de Genève, et que ceux de ce lac à Seyssel doivent être particulièrement désirés en Suisse et en Savoie.

Il serait bon que la dépense de ces travaux

fût répartie entre les contrées qui en profiteront; mais ce serait une question difficile, et qu'on ne résoudrait probablement pas, à cause des divergences d'intérêt qui se rencontreraient devant la diète suisse, où le pouvoir central n'a pas toujours une force bien en rapport avec les besoins généraux de la confédération.

Il y a heureusement un moyen de sortir d'embarras. L'intérêt français est le plus grand; l'intérêt genevois vient ensuite, et les autres intérêts tous ensemble ne paraissent pas suffisants pour qu'ils soient appelés à participer directement aux dépenses.

Nous supposerons, d'après cela, que la France doit payer :

| | |
|---|---|
| 1° Les travaux de Seyssel à la frontière suisse (*V.* le § 35), ci. . . . . | 2,700,000 fr. |
| 2° Pour le barrage de Genève (*V.* le § 29) et pour la jetée ΠΔΩ (*V.* la *fig.* 5 et le § 44), une somme de. . . . . | 2,100,000 |
| Total pour la France. . . | 4,800,000 fr. |
| Et que le canton de Genève, opérant par voie d'emprunt, dépensera : | |
| 1° Pour les travaux du Rhône et du canal | |
| *A reporter*. . . . . | 4,800,000 fr. |

| | | |
|---|---|---|
| *Report*. . . . . | | 4,800,000 fr. |
| UVXYZW des fortifications (*V*. la *fig*. 5 et le § 35). . . . . | 800,000 fr. | |
| 2° Pour la jetée ΠΔΩ (*V*. le § 44) et pour les indemnités de toute espèce relatives à la rectification du Rhône et au barrage (*V*. le § 29). . . . . | 400,000 | |
| Total pour Genève. . | 1,200,000 fr. | 1,200,000 |
| Total général (*f*). . . . . | | 6,000,000 fr. |

La France exécuterait les travaux du Rhône, au-dessous du Creux-du-Paradis, comme elle le jugerait convenable; Genève disposerait ses ports à l'aval du barrage, et sur la rive droite du fleuve en amont du même barrage, selon ses vues; et les projets de la ligne navigable, depuis le Creux-du-Paradis jusqu'à l'amont du banc de travers, seraient seuls l'objet des conventions à faire entre les deux États.

Mais, une condition à laquelle on devrait satisfaire (*V*. le § 42) étant d'avoir des trans-

(*f*) Parmi ces travaux, savoir : le barrage de Genève, l'ouvrage de Malpertuis, le canal des fortifications et la jetée, les trois derniers n'étant que très-peu étudiés sont estimés à des sommes que l'étude définitive réduira probablement.

ports à bas prix, il faudrait que la ville de Genève évitât d'opérer par voie de concession. Il est évident, en effet, qu'un concessionnaire, quel qu'il fût, devrait avoir les fonds, ou s'entendre, pour les obtenir, avec un capitaliste; qu'il faudrait faire à ce capitaliste des avantages propres à le garantir contre des chances qu'il apprécierait mal, et que, par conséquent, on évaluerait au plus haut; qu'il faudrait lui donner de grands profits, et que son intervention augmenterait considérablement la dépense (*g*). Cependant, il est plus que présumable que le canton de Genève ne pourrait pas faire par lui-même les frais des travaux. Dans ce cas, Genève devrait opérer par la voie d'un emprunt (*V.* le § 42).

Cette ville trouverait chez elle des fonds à moins de 5 p. 100. La somme annuelle qu'elle aurait à payer pourrait s'élever avec l'entretien à 80 ou 100 mille francs, de sorte que si le tonnage des transports par eau devenait double, à la remonte, de ce qu'il est aujourd'hui de Lyon à Genève (*V.* le § 42), et c'est

---

(*g*) *V.* celui de nos écrits qui est intitulé : *Des voies de communication, considérées du point de vue de l'intérêt public.*

très-supposable, un droit d'un franc cinquante centimes, au plus 2 francs par tonne, sur le territoire suisse, couvrirait tous les frais à faire.

Et l'on remarquera que ce péage offrirait indirectement le moyen d'obtenir de la Savoie, des cantons du Valais, de Vaud, de Neufchâtel, etc., une participation aux dépenses.

Cependant il serait utile de supprimer aussitôt que possible le droit à percevoir (*V.* le § 42), et pour cela il faudrait en venir au remboursement du capital emprunté. A cet égard, Genève aurait à s'entendre avec la Savoie, avec la France, et avec les autres cantons intéressés, ce qui serait sûrement plus facile alors qu'à présent (*h*).

Au surplus, cela n'aurait rien d'absolument pressant, ainsi qu'on va le voir.

Nous supposons, en effet, que le premier traité serait signé entre la France et le canton de Genève; nous supposons qu'il serait sti-

---

(*h*) Les recettes, au bout de quelques années, feraient connaître la part de droits effectivement payés par les exportations de chaque État, et par conséquent sa part d'intérêt dans la suppression d'un péage qui limitera et entravera toujours les affaires commerciales.

pulé que jamais Genève ne pourrait, au moyen de la navigation et des tarifs, se créer une source de revenus, et que ces tarifs seraient en conséquence réduits à mesure que les transports s'accroîtraient ; nous supposons que le traité serait soumis à la diète et qu'il aurait son approbation ; nous supposons, enfin, qu'il serait soumis à la Savoie et qu'elle accéderait, en ce qui la concerne, à tout son contenu.

Les conditions d'entretien des ouvrages, de manœuvre du barrage, de réduction des droits etc., auraient donc été l'objet d'un examen approfondi, et il est à croire qu'on aurait prévenu, en rédigeant ces conditions, tous les inconvénients que des tarifs peuvent à la longue susciter.

Il y a d'autres abus que le même traité devrait également prévenir. Ainsi, on interdirait toute action qui aurait pour objet, en faveur de la France, d'accélérer le remplissage du lac en hiver, au moyen de retenues d'eau préjudiciables, soit aux usines, soit à la navigation de Seyssel au Léman. Ainsi, on ne pourrait favoriser l'accès des ports de la rive gauche du Rhône à Genève, à l'amont du barrage, en

empêchant de vider la réserve, au besoin, jusqu'à son niveau inférieur.

Mais il est bon de remarquer que la nécessité, commune à tous les États intéressés, de tirer du Rhône le meilleur parti possible est une circonstance à joindre aux sentiments de loyauté qui, dans une affaire de cette espèce, doivent dans la suite aplanir beaucoup de difficultés.

Nous ne parlerons pas ici du cas où l'ouvrage de Malpertuis serait impraticable, et où il faud ait exécuter un chemin de fer de Seyssel à Genève, soit par la France ou soit par la Savoie. Les dépenses à faire seraient plus fortes (*V.* le § 36); mais il faudrait suivre la marche que nous tâchons d'indiquer.

# CHAPITRE IX.

## SUR LES PROJETS A RÉDIGER POUR LES TRAVAUX DE GENÈVE ET POUR CEUX DU LAC A SEYSSEL.

---

### § 49.

**Données générales à recueillir.**

Cet écrit est une espèce d'avant-projet des travaux proposés ; mais c'est un avant-projet très-imparfait.

Pour avoir un bon travail, on devra, comme nous l'avons dit §§ 11 et 12, tâcher de se rendre bien compte du phénomène des Seiches et de celui des Ladières, afin d'apprécier avec soin tout ce qui concerne le régime du lac.

Il faudra qu'on se procure les documents relatifs aux hauteurs d'eau à Seyssel, à Cordon, au Sault, à Lyon, etc. Au moyen de ces documents on saura, année par année, le nombre de

jours pendant lesquels les basses eaux ont gêné la navigation, et l'on verra comment ces jours se trouvent distribués dans les divers mois de l'année.

Quant aux jaugeages du Rhône dans le Valais, à Genève et sur tout son cours, et à ceux de l'Arve notamment et des principaux affluents du lac et du Rhône, il est superflu de rappeler ici leur extrême importance (*V.* le § 24).

On devra connaître aussi la superficie des terrains riverains du lac submergés dans les hautes eaux, et l'on devra examiner si quelques-uns de ces terrains ne peuvent pas, au moyen de digues, être mis utilement à l'abri de l'effet des vagues.

Enfin, on devra recueillir sur les transports d'importation et d'exportation de la Suisse toutes les données nécessaires pour juger du revenu qu'on obtiendrait, avec un tarif donné, sur la communication par eau à créer de Seyssel au Léman.

---

## § 50.

### Sur l'étude relative au barrage du lac.

Il faudra connaître, au moyen de sondages, la nature du fond du Rhône dans les parties où devront être faits les draguages et où devra être fondé le barrage.

Cet ouvrage devra être d'un système tel qu'il se manœuvre facilement. Il devra probablement servir au passage des piétons; son emplacement devra être choisi de façon que l'écoulement des eaux du fleuve s'opère avec de faibles pentes; enfin il faudra qu'on puisse disposer pour des usines de la plus grande partie possible de la force motrice (*V.* le § 45).

Le tracé des alignements du Rhône exigera beaucoup de soin. Les constructions qui obstruent son cours devront être enlevées. Quelques parties des fortifications qui font saillie dans le fleuve devront être modifiées, et ce fleuve, jusqu'à l'Arve, devra être redressé dans l'intérêt d'un facile écoulement, d'une bonne navigation, d'un port commode en aval de la ville et de l'embellissement de cette ville.

## § 51.

**Sur l'étude relative au canal des fortifications et à la jetée à exécuter à Genève, au nord du lac.**

Nous avons supposé (*V.* le § 34) que l'écluse UV (*V.* la fig. 5) du canal UVXYZW n'aurait que $4^{m}.50$ à 5 mètres de largeur ; on devra toutefois examiner si la difficulté de remorquer les bateaux ordinaires de Malpertuis à Genève ne rendrait pas la navigation à la vapeur préférable à toute autre pour les marchandises. Dans ce cas, l'écluse UV devrait avoir des dimensions calculées sur celles des bateaux à vapeur qu'il conviendrait d'employer.

Si la navigation devait être bien active dans le canal des fortifications, il serait convenable que ce canal coupât à ciel ouvert ou en souterrain les gorges des bastions. Ce sera une chose à examiner dans l'intérêt du transport, comparé à celui de la défense, et aussi dans l'intérêt de l'écoulement si l'on fait des usines à l'extrémité du canal (*V.* le § 45).

Quant à la possibilité d'exécuter ce canal sans nuire aux fortifications, elle est suffisamment établie par l'opinion de M. le colonel Dufour,

qui est chargé, comme officier du génie, de l'entretien des ouvrages de la place, et qui probablement a fait dès à présent une étude du projet de canal en question.

La jetée ΠΔΩ donnera, ainsi qu'on l'a vu § 44, un prolongement de canal aboutissant dans le lac au delà du banc de travers. Cette jetée ne sera pas partout à une même distance de la côte; elle sera tracée de manière qu'elle ait peu de développement; elle devra permettre qu'on ait dans les rentrants de la rive des ports commodes; elle aura une largeur déterminée d'après le volume des déblais dont on disposera pour la faire (*V.* le § 45), et elle sera revêtue de pérés garantis par des enrochements du côté du large.

En même temps qu'elle empêchera les sables de venir encombrer le chenal dragué, elle rendra les eaux de ce chenal plus calmes, et elle préviendra les dégradations que les murs de jardin et de parc des bords du lac éprouvent quelquefois.

Rien n'empêchera qu'elle ne soit coupée d'ouvertures par lesquelles passeront au besoin les petits bateaux des promeneurs. Auprès de

la ville, un vaste passage devra être réservé pour la communication des bateaux de toute espèce d'une rive à l'autre du lac.

---

§ 52.

**Sur l'étude relative au projet de Malpertuis.**

Les difficultés que présente le projet des barrages de Malpertuis n'ont pas été dissimulées dans cet écrit (*V.* le § 36.). Cependant, ainsi que nous l'avons dit, on devra considérer ce barrage comme très-praticable, si la réserve du lac permet d'élever beaucoup le produit d'étiage, et si le produit en grandes eaux n'est pas trop fort.

Par l'examen du registre des hauteurs d'eau observées à Seyssel et à Cordon, et avec le secours des jaugeages soignés du fleuve, on jugera des quantités d'eau qui ont passé dans les crues sur l'emplacement des barrages; on saura, selon les saisons où ces crues ont lieu, ce que le Rhône, en moyenne, donne à Genève, et de combien le produit aurait été amoindri par la retenue opérée au barrage du lac. Ce

travail de statistique montrera, probablement, que l'ouvrage de Malpertuis est moins exposé qu'on ne le suppose, au premier abord, par les déversements d'eau.

Bien que cet ouvrage doive être en harmonie avec le barrage de Genève, il pourra être étudié en même temps et isolément; car cette harmonie s'établira au moment de l'exécution par un nombre plus ou moins grand de pertuis à ménager dans les maçonneries, et, dans tous les cas, l'étendue des barrages, leur solidité, etc., devront être aussi grandes que possible.

Le relevé des lieux, au moyen de profils très-multipliés, l'examen du rocher, les sondages du fleuve, le choix des emplacements des barrages, la nature des matériaux à employer, les chemins de service à faire, la disposition des ateliers sur un terrain aussi difficile, l'emploi de la chute pour les manœuvres de transbordement, la question de ne pas gêner le flottage, etc., etc., rendent l'étude à faire à Malpertuis aussi intéressante sous le rapport de l'art, qu'elle l'est sous celui du prolongement du Rhône navigable jusqu'au lac de Genève.

§ 53.

**Sur l'étude relative au Rhône, du lac de Genève à Seyssel.**

Nous avons dit § 3 qu'une étude du Rhône venait d'être faite sur le canton de Genève par MM. Dufour, Colladon et Delarive. Nous n'avons eu leur travail sous les yeux qu'un instant, mais cette communication et les renseignements de M. Colladon nous ont confirmé dans l'idée que le Rhône, de la frontière de France à Genève, peut être facilement rendu navigable, ainsi que M. O'Brien l'a pensé d'après une reconnaissance du fleuve faite avec beaucoup de soin.

Il est hors de doute que pendant l'été et pendant que, après l'été, on lâchera les eaux de la réserve, on aura partout un tirant d'eau suffisant, tant sur la Suisse que de la Suisse à Seyssel. Mais quand le Rhône sera bien marchand, au moyen des eaux du lac, de l'Arve, du Fier, du Séran, des Usses, etc., ne sera-t-on pas obligé d'appauvrir la réserve pour faciliter la navigation de Seyssel à Genève? C'est ce que nous ne savons pas positivement. Cette question se décidera au moyen des données statistiques

relatives aux hauteurs du Rhône, à Lyon, à Cordon, à Seyssel et à Genève. Il serait utile pour bien la résoudre qu'on eût établi une échelle métrique au pont de Carouge, et que depuis plusieurs années on eût tenu note des hauteurs de l'Arve au moyen de cette échelle. Il nous semble probable que l'examen montrera qu'il faut se borner à naviguer, de Seyssel à Genève, en hiver, avec un tirant d'eau de 1 mètre à $1^{m}.20$ seulement.

Une autre question à examiner sera celle de l'établissement ultérieur d'un halage et de la dépense qu'il exigerait. Ce halage n'aurait pas l'inconvénient que présente celui du bas Rhône par les variations de position du thalweg; mais peut-être jetterait-il dans des frais qui doivent y faire renoncer pour toujours : c'est ce qu'il sera facile de savoir.

---

## § 54.

### Conférences avec le génie; négociations diplomatiques.

Bien qu'il n'y ait guère d'apparence que la frontière, chez nous comme en Savoie, puisse

souffrir de l'exécution des travaux de Malpertuis, il conviendra de presser, au moyen d'un avant-projet, l'ouverture des conférences avec le génie sur cette matière, afin que les projets définitifs satisfassent à la fois, et le mieux possible, aux conditions militaires et aux conditions civiles qui intéressent les divers états.

Les négociations avec Genève seront faciles: on en a déjà des preuves, et c'est un point très-important; car les ingénieurs français devront opérer à peu près de concert avec les autorités et les ingénieurs genevois. A cet égard les choses sont dans une excellente situation.

Quant aux ouvertures diplomatiques à faire à la Savoie, elles auront pour objet la défense de la frontière, le service de la navigation et la rédaction soignée des projets, dans l'intérêt bien entendu des deux états.

Apres cette rédaction on s'occupera, comme nous l'avons dit ailleurs (*V.* le § 48), du traité qui devra être conclu avec Genève et accepté par la diète suisse et par la Savoie.

# CHAPITRE X.

## SUR LE SERVICE DE LA NAVIGATION DANS LE BASSIN DU RHÔNE; CONCLUSION DE CET ÉCRIT.

---

### § 55.

**Des divers services créés et à créer dans le bassin du Rhône.**

Le bassin du Rhône, à part ce qui concerne le canal de la Saône au Rhin, le canal du Centre, les canaux exécutés ou projetés de Givors à la Loire, et la navigation de la partie de la Saône, en amont de Saint-Jean de Losne, comprend, 1° le service du Rhône; 2° le service de la Saône, de Saint-Jean de Losne à Lyon; 3° le service de l'Isère. Ces services sont confiés à sept ingénieurs en chef, dont deux sont directeurs, savoir : M. Crozet, pour l'Isère, et M. Bouvier, pour le Rhône.

Et, selon nous, il y a lieu de créer encore,

ainsi qu'on va le voir dans les paragraphes qui suivent, un nouveau service pour les études scientifiques du Rhône.

Les travaux dirigés par ces huit ingénieurs en chef formeront un grand ensemble. Il est probable que, plus tard, ils constitueront une inspection particulière, premièrement, parce que, dans une affaire aussi importante que celle de la navigation du Rhône et de ses affluents, il faut de l'unité, sous peine de voir les idées s'arrêter devant la crainte des dissidences, et les perfectionnements retardés ou empêchés; 2° parce que cette inspection serait suffisamment chargée de travail; 3° parce que, dans la situation actuelle du service, les attributions du directeur du Rhône s'étendent sur trois inspections, ce qui n'est pas rationnel, et ce qui ne peut être que très-provisoire.

Cependant, cet état de choses étant indifférent à notre objet, nous supposerons que les délimitations existantes des inspections ne doivent subir aucun changement.

---

## § 56.

### Du service à créer pour le barrage du lac de Genève.

Les chapitres précédents ont mis en évidence l'utilité de presser, autant que possible, tout ce qui concerne la rédaction, l'adoption et l'exécution du projet de barrage des eaux du Léman à Genève.

Il sera nécessaire pour cela de créer un nouveau service, et, suivant nos propositions, il s'agirait dans ce service d'opérer sur un territoire étranger avec des fonds français. Le service en question serait par conséquent d'une espèce toute particulière.

D'un autre côté, on remarquera que le projet, tel qu'il est à présent, nous est entièrement dû, et qu'il semble nous appartenir, et par la première idée, et par le délaissement où elle est restée, et par le travail que nous avons fait dans le but de doter le Rhône de toutes les perfections qu'aucun autre projet, quelque dépense qu'on fît, ne pourrait procurer.

Or, aucune mission ne pouvant nous satisfaire autant que celle de poursuivre le travail

des projets du Léman, nous souhaiterions que notre zèle inspirât assez de confiance au gouvernement français et à celui du canton de Genève pour que, le cas échéant, ils nous confiassent d'un commun accord la direction des projets et des travaux.

Il nous faudrait un certain nombre de collaborateurs, et l'on peut présumer qu'avec la connaissance que nous avons déjà de l'affaire elle avancerait avec rapidité.

---

§ 57.

**Du service à créer pour les études scientifiques, et des travaux à faire pour le saut du Rhône, comme objet propre à justifier ces études.**

Ce service aurait principalement pour objet de rendre l'hydraulique bien applicable au Rhône, à l'Isère, et en général aux fleuves à pentes rapides. Nous avons vu qu'à cet égard la science fait faute à l'art (*V.* le § 6) : c'est une lacune à combler. Aussi nos idées sur cet objet ont-elles été parfaitement accueillies par M. le ministre des travaux publics, et, de concert avec M. le sous-secrétaire d'État, il a

l'intention de confier ce service à un ingénieur en chef qui a déjà fait en hydraulique des travaux utiles, bien appréciés par les ingénieurs français et étrangers.

Il importe beaucoup que les nouvelles recherches viennent promptement en aide à la rédaction des travaux du Rhône.

Ces projets vont, en effet, prendre une face toute nouvelle. Aux opérations qui se bornaient à barrer quelques bras, à faire des digues pour contenir le fleuve, à perfectionner le halage, à détruire des écueils, on substituera des projets coordonnés à l'idée nouvelle d'une alimentation tirée d'un réservoir, alimentation qui rendra constant, à Lyon, le produit d'étiage, et qui le doublera peut-être pendant un temps de deux ou trois mois par an. On connaîtra le tirant d'eau qu'on devra obtenir; et, si l'on fait une digue basse pour rétrécir le lit mineur, on calculera sa position. Si on barre un faux bras, on calculera le volume d'eau qui devra se porter dans le bras conservé, et on évaluera les draguages à faire pour donner un passage au produit total. En un mot, au lieu d'opérer comme on le fait aujourd'hui, on opérera scientifiquement. Mais

si l'on n'a pas de formules meilleures que les formules d'hydraulique connues, les calculs seront par trop fautifs, et les travaux ne seront pas satisfaisants. Le Rhône, sans doute, vaut la peine qu'on se livre aux recherches nécessaires pour opérer le mieux possible.

Montrons par un exemple l'utilité de ces recherches.

Ce qu'on appelle le Saut-du-Rhône, ainsi que nous l'avons dit § 4, est une pente rapide de $1^{m}.80$ sur 100 ou 200 mètres de longueur. Cette pente est très-gênante pour la navigation en basses eaux, et il n'y a que les bateaux à vapeur bien construits qui la remontent sans le secours de chevaux. En aval, sur 4 ou 5 mille mètres de longueur, la pente du fleuve est très-faible. Or, il y a trois moyens de faire disparaître le saut : le premier, c'est de rétrécir le fleuve sur une longueur suffisante; il prendrait une pente plus forte, et l'on n'aurait plus de cataracte; le second, d'après lequel M. l'ingénieur Goux a rédigé un projet (*V.* le *renvoi* (*i*) de la page 27) consiste à faire, au moyen de gros blocs, des barrages de fond destinés à diminuer la section et à forcer les

eaux de prendre une plus grande pente; enfin, le troisième consisterait à construire entre les berges AB, CD du fleuve (*V.* la *fig.* 2), des digues basses et sinueuses *mnc*B, C*rsl*, qui donneraient de légères courbures au lit mineur. Le thalweg droit XY serait évidemment remplacé par le thalweg sinueux *xyzw*, et ce thalweg ayant un développement beaucoup plus long que celui du thalweg actuel, la même pente totale, répartie sur une longueur plus grande, donnerait une pente par mètre plus forte; la cataracte diminuerait donc, et même disparaîtrait, si les courbures étaient convenablement disposées. Et l'on remarquera que, même pour de petites sinuosités, l'augmentation du développement peut être fort grande: cela dépend de la pente, laquelle, plus elle est forte, plus elle rapproche, dans les tournants, le thalweg de la berge concave. Ainsi nous avons calculé que, pour une longueur de fleuve A*n*, de 230$^{m}$, la largeur AC étant de 250, et la saillie A*m* des rétrécissements de 50$^{m}$, le thalweg serait allongé de 4 dixièmes, s'il venait par l'effet de la vitesse se placer à une distance C*x* = 40$^{m}$ de la concavité C*y*. C'est, comme on voit, un allongement

bien remarquable, et qui peut donner souvent de très-bons résultats (*a*).

Entre les trois moyens d'opérer dont il vient d'être question, le premier et le second ont l'inconvénient d'augmenter les vitesses, et par conséquent de diminuer les profondeurs, tandis que le troisième, au contraire, a l'avantage de diminuer les vitesses et d'augmenter le tirant d'eau. Ce troisième moyen serait donc d'un très-bon effet (*b*); mais, pour l'appliquer

---

(*a*) A Lyon, au-dessous du pont de la Guillotière, le fleuve est comprisentre deux pérés en ligne droite; il a cette largeur de 250 mètres, et une île se forme au milieu de son lit. Avec des digues sinueuses submersibles cette île disparaîtrait; la hauteur du mouillage en basses eaux augmenterait, et les saillies des sinuosités serviraient de bas ports. Au moyen de bouées, la position des digues basses serait signalée aux mariniers, et les accidents, aux époques où les eaux couvriraient les bas ports, se trouveraient prévenus.

(*b*) Il nous semble qu'un projet où l'on réunirait l'emploi des enrochements formant des profils fixes, suivant l'idée de M. Goux, et celui des digues basses destinées à rendre le lit mineur sinueux, donnerait une excellente solution. On avait pensé à faire une écluse à sas au droit du saut, mais ce serait un véritable malheur, qu'on a prévenu, comme nous l'avons dit § 6, dans les projets d'amélioration de la Saône, et qu'il faut bien se garder d'appeler sur le Rhône.

Au moyen de la réserve du lac, le produit d'eau à l'étiage étant augmenté, les inconvénients du saut diminueront, et

bien, il faudrait que l'hydraulique apprît à l'ingénieur chargé des travaux comment il doit calculer les courbures du thalweg, ou, ce qui revient au même, quel doit être l'écartement $Cx$ de la berge et de ce thalweg. L'hydraulique est muette sur ce point.

---

## § 58.

### Du service spécial du Rhône.

Voici le tableau des opérations que, selon nous, ce service doit comprendre :

| | |
|---|---|
| Opérations préliminaires. | Établissement d'échelles aux piles de tous les ponts;<br>Levé de plan du fleuve et plantation de bornes kilométriques sur tout son cours;<br>Nivellement général et plantation de repères nombreux. |

---

nous ne doutons nullement qu'avec une dépense de 100 à 150,000 fr. on ne fasse entièrement disparaître la cataracte dont il s'agit.

| | |
|---|---|
| Étude du régime. | Détermination annuelle des pentes à l'étiage et en moyennes eaux ;<br>*Idem* des vitesses ;<br>*Idem* du profil des profondeurs d'eau à chaque étiage sur la ligne du thalweg, et, en cas d'îles, sur les thalwegs de chaque bras ;<br>*Idem* des profils en travers des hauts-fonds après chaque crue ;<br>Jaugeages du fleuve et de ses affluents ;<br>Études relatives aux changements que les déboisements, les défrichements et les endiguements causent dans le régime du Rhône. |
| Objet des divers projets à faire. | Fixation du tirant d'eau ;<br>Fixation du chenal navigable ;<br>Barrage des faux bras ;<br>Digues basses pour former le lit mineur ;<br>Ouvrages particuliers, tels que ceux du Saut, de Valence, etc. ;<br>Perfectionnement des chemins de halage ;<br>Fixation du lit majeur. |

Pour pouvoir dire que l'on connaît bien le Rhône, et pour calculer avec une certaine exactitude les conséquences d'un projet d'amélioration de ce fleuve, il faudrait que depuis un an ou deux, au moins, on se fût occupé du service d'après le plan que nous indiquons. Toutefois, il y a des travaux qui peuvent s'exécuter sur les simples données recueillies jusqu'à présent, d'autant plus que les ingénieurs qui dirigent depuis longtemps les travaux ont un sen-

timent des choses propre à suppléer, jusqu'à un certain point, au manque d'opérations régulières.

Il faut considérer d'ailleurs que beaucoup de ces opérations sont faites ; par exemple, les plans. Il ne s'agit plus, à l'égard des plans, que de lever chaque année les variantes que présentent les rives et les thalwegs.

Au moyen des bornes kilométriques, et au moyen des bornes servant de repères indiquées sur les plans, on obtiendra facilement à chaque étiage le profil des profondeurs, parce qu'il ne s'agira que de les mesurer, en bateau, au droit des diverses bornes rendues bien apparentes au moyen de jalons. Quand on aura opéré pour un premier étiage, on saura quel est à peu près l'état des choses, et l'approche des hauts-fonds étant prévue, on aura soin de relever les profondeurs avec précision et dans la ligne du thalweg, à l'endroit de ces hauts-fonds. Au surplus, leurs positions étant reconnues, on complète leur description au moyen de profils en long et en travers.

On a dû comprendre, par ce qui précède, et notamment par le chapitre IV, toute l'importance des jaugeages. Ils constituent à eux

seuls un travail considérable, qui demande des soins tout particuliers, et auquel devront concourir probablement tous les services du bassin du Rhône.

Il est clair qu'en partant de données complètes sur le régime de ce fleuve, comme celles dont nous venons de donner le tableau, les projets à rédiger seraient autrement propres que ceux qu'on fait maintenant à atteindre leur but. L'alimentation du lac donnant en étiage un produit constant, et la hauteur du mouillage du fleuve étant fixée, l'objet d'un ouvrage serait toujours bien déterminé.

Les travaux et la navigation prendraient donc promptement une tout autre face; on saurait bientôt ce qu'il faut dépenser pour avoir toute l'année une navigation de telle espèce; on saurait comment le régime du lac varie; on saurait quel avenir se prépare, quant à l'accroissement ou au décroissement des chances d'inondation; enfin, on saurait à quels travaux et à quelle législation il faut recourir pour diminuer les inconvénients dont le pays est menacé par les déboisements, les défrichements et les endiguements.

---

## § 59.

### Mesures à prendre pour marcher vers la perfection de la navigation du Rhône.

1° *Personnel.* D'après ce qu'on a vu dans les paragraphes précédents, il n'y a que deux changements à faire au personnel, l'un, c'est de créer un service d'études scientifiques; l'autre, c'est de nous donner des collaborateurs pour faire le projet des travaux du réservoir du lac, et pour que ces travaux soient ensuite exécutés conformément aux traités (*V.* le § 46). Tout cela ne présente aucune difficulté.

2° *Allocation de fonds.* Il y a à considérer:

Premièrement, les travaux du barrage de Genève, et les travaux de Seyssel au lac, évalués ensemble à 4,800,000 francs. On pourrait projeter ces travaux en 1843; les enquêtes, l'approbation et les traités pourraient prendre un an, et l'exécution, deux. Ainsi on jouirait à la fin de 1846, si tout marchait heureusement.

Dans tous les cas il ne faudrait, en 1843 et en 1844, que les fonds nécessaires pour les

études : ces fonds seraient peu considérables, et nous supposerons qu'ils doivent être pris sur l'allocation annuelle du Rhône.

Secondement, les travaux d'amélioration de ce fleuve. Si on ne faisait pas la réserve de Genève, ces travaux exigeraient, comme on l'a vu § 16, des dépenses très-considérables, et au bout de 15 à 20 ans il y aurait encore bien des choses à faire, en même temps que les résultats obtenus ne seraient pas excellents. Mais, au moyen de la réserve du lac, il est présumable qu'en dépensant 2 à 3 millions par an, on aurait, après huit ans, une navigation qui ne serait que très-rarement interrompue.

On a des projets achevés qui permettent dès à présent de dépenser en travaux une somme considérable (*c*).

---

(*c*) Nous pensons qu'on doit distraire de ces travaux les digues de garantie des propriétés. Il nous semble que ces digues doivent être confiées aux ingénieurs du service départemental, et que tous les projets qui y sont relatifs doivent être discutés contradictoirement avec les ingénieurs du Rhône. Sans cela on serait exposé à voir employer les fonds de l'État à des ouvrages indifférents à la navigation et nuisibles au régime du fleuve.

Nous croyons, d'après cela, qu'il faudrait voter tous les ans, à partir de cette année, une somme de 2 à 3 millions pour le Rhône.

Il serait voté, plus tard, une allocation spéciale pour les travaux de Genève et de Seyssel.

3° *Publication des projets et des comptes.* Une autre condition qui nous paraît fort importante, c'est qu'on publie, avec le compte annuel des dépenses, les projets des ingénieurs à mesure qu'ils seront achevés, ou tout au moins des résumés de ces projets (*d*). Les travaux étant d'un haut intérêt pour tout le S.-E. de la France, pour le N. de la Savoie, et pour l'E. de la Suisse, on serait sûr que les publications faites seraient lues par des hommes instruits, à Dijon, à Lyon, à Genève, à Marseille, etc. Les ingénieurs, soumis à la critique des intéressés, tâcheraient de mériter des éloges, et ils soigneraient autant qu'il serait possible, et leurs projets, et leurs estimations, et la bonne exécution, et le bas prix

---

(*d*) Les résumés devraient contenir les quantités d'ouvrages et les prix, afin que toute la comptabilité fût soumise au contrôle du public.

des travaux. De plus, l'examen de leurs propositions pourrait suggérer d'utiles modifications et prévenir quelquefois des abus.

---

## § 60.

### Conclusion de cet écrit.

Le Rhône, sous le rapport des travaux de navigation, est encore dans un état peu satisfaisant.

En continuant d'opérer comme on opère, après avoir dépensé des sommes immenses on n'aurait qu'un fleuve d'un régime très-variable, dont le thalweg changeant serait souvent encombré, où la navigation serait précaire, où les ouvrages exigeraient des réparations à la fois coûteuses et gênantes, en même temps que les sinistres des inondations iraient en s'accroissant.

Le lac de Genève, placé sur le cours du Rhône, est tout à la fois un modérateur des inondations et un réservoir qui conserve les eaux pour la saison où elles manquent. C'est, comme nous l'avons dit § 3, le grenier d'abon-

dance du fleuve. C'est là qu'il faut aller chercher les secours qui porteront à sa perfection la grande ligne navigable de Genève, Lyon et Marseille.

Le Léman, à l'aide de l'art, peut contenir un milliard et plus de mètres cubes d'eau disponibles pour la navigation; il peut porter le produit d'étiage à Lyon de 260 à 520 mètres; il peut retenir, en temps de grandes eaux, de 250 à 500 mètres cubes d'eau par seconde, et diminuer sensiblement les désastres des crues.

En même temps que nous obtiendrons ces avantages, nous aurons un plus grand tirant d'eau; un régime plus régulier, qui devra sa régularité à ce que les produits d'eau en basses eaux et en hautes eaux différeront moins; un thalweg plus constant; des travaux de perfectionnement et d'entretien moins considérables; enfin, des améliorations de détail de beaucoup d'espèces, utiles pour toute la vallée du Rhône (*V.* le § 41).

Mais les travaux à faire pour le Léman ne sont pas sur notre territoire; n'est-ce pas un grand inconvénient? Sans doute, c'en est un. Cependant sa gravité est singulièrement atténuée par beaucoup de considérations.

Ainsi, l'emploi du Léman permettra selon toute apparence, d'exécuter à Malpertuis entre Seyssel et Bellegarde, de grands barrages au moyen desquels la navigation du Rhône se joindra à la navigation du lac. Ce sera un immense avantage pour la Suisse, et notamment pour Genève. On pourra donc compter sur le concours des Suisses et des Genevois en ce qui concerne la création du réservoir.

Une circonstance heureuse se joint d'ailleurs à celle dont il vient d'être question : c'est que toutes les contrées, sans aucune exception, qui éprouveront quelque changement par le nouveau régime des eaux, trouveront de l'avantage dans ce changement. Le Valais et le pays de Vaud, par exemple, auront dorénavant moins à souffrir pendant les hautes eaux du lac, premièrement, parce qu'elles auront lieu dans une saison plus tardive et moins désavantageuse aux foins et aux céréales ; secondement, parce que la nécessité d'approfondir le Rhône à Genève, pour avoir à l'époque des basses eaux de Lyon un débouché considérable, et propre à lâcher de la réserve une forte masse d'eau, donnera la possibilité de limiter, comme on le voudra, le niveau des hautes eaux du lac.

Le réservoir de Genève une fois fait, l'état barbare du Rhône cesse. Il est temps que, sur ce fleuve, tout se fasse d'une manière scientifique. Il est temps qu'on sache enfin qu'on peut avoir et qu'on aura, par exemple, un tirant d'eau d'un mètre de Genève à Seyssel, d'un mètre et demi de Seyssel à Lyon, et de deux mètres de Lyon à la mer (*e*). Le lac de Genève, à lui seul, amène en grande partie ces résultats; cependant il y a de nombreux endroits où le barrage des faux bras et l'exécution de digues submersibles formant un lit mineur est de nécessité. Mais les dépenses à faire pour ces travaux seront réduites, par l'emploi de la réserve du lac, à des limites plus acceptables, et en même temps qu'on aura moins à dépenser, on sera favorisé d'une jouissance beaucoup meilleure et beaucoup plus prochaine.

Le seul ouvrage de Malpertuis peut présenter des difficultés. A Genève, le canal dans les fortifications n'en présente aucune.

---

(*e*) Il faut considérer que la hauteur de mouillage des bateaux est toujours moindre que la profondeur minime du fleuve (*V.* le *renvoi* (*f*) du chapitre VII, page 168).

Et, pour obtenir tant d'avantages, que faut-il dépenser? Il ne faut que deux millions pour le barrage du lac et pour ses accessoires, ce qui ne met le prix du mètre cube d'eau, pour une de nos lignes navigables les plus importantes, qu'à un dix millième de franc, tandis qu'il est de 3, de 6 et même de 32 millièmes pour des canaux certainement moins utiles que le Rhône (*V.* la note 7). Et il ne faut que deux millions sept cent mille francs pour l'ouvrage de Malpertuis. En tout, y compris une petite part dans l'exécution d'une grande jetée sur le lac, 4,800,000 fr. pour la France, et 1,200,000 fr. pour le canton de Genève (*V.* le § 48).

Ces 1,200,000 fr. obtenus par voie d'emprunt constitueront, avec l'entretien, une dépense annuelle de 80 à 100 mille francs, acquittée au moyen d'un péage. Plus tard on avisera, avec les pays intéressés, au remboursement du capital emprunté, afin de réduire le péage autant que possible et de donner au transit du Rhône toute la puissance qu'il peut avoir.

Les dépenses en question ne peuvent, il est vrai, être présentées que par aperçu; mais

notre évaluation est basée sur des données peu contestables ,et les hommes de l'art verront que dans l'état où sont les études on doit s'attendre à l'abaissement de nos chiffres quand on rédigera les projets détaillés.

En même temps qu'on fera ces projets, on s'occupera des travaux du Rhône. Tout devra se coordonner dans ce grand ensemble, et c'est ce qui aura lieu forcément si l'on tient à ce que le fleuve acquière pour nous, au moyen du Léman, toute la valeur qu'on peut lui donner.

Et si, tout examen fait, l'ouvrage de Malpertuis ne convenait pas ou n'était pas praticable, l'intérêt de la France à l'établissement du réservoir de Genève, pour améliorer le Rhône et la vallée du Rhône, n'en dominerait pas moins la question. Nous devrions donc ne pas perdre de vue le grand but, qui consiste à donner au fleuve toutes les perfections qu'il est susceptible d'acquérir ; seulement, pour atteindre ce but, nous aurions à faire des sacrifices plus grands, et c'est par un chemin de fer qu'il s'agirait alors de joindre Seyssel à Genève, soit par la rive française, soit par celle de la Savoie, suivant

que le terrain sur l'un ou l'autre côté se prêterait mieux à de bons tracés.

Objecterait-on qu'il faut négliger le Rhône, parce qu'un jour il sera longé par un chemin de fer? Ce serait méconnaître, et que l'établissement de ce chemin est éloigné, justement à cause des services que rend déjà la navigation; et que la durée de son exécution sera longue; et que la dépense à faire pour la navigation est faible, en comparaison des avantages qu'elle doit procurer; et que, déshérités que nous sommes pour bien longtemps de la circulation à bas prix sur les chemins de fer, à cause du système admis d'inféoder ces chemins à des compagnies, la navigation du Rhône serait toujours d'un grand prix pour la France, pour la Suisse, et pour le nord de la Savoie; enfin, ce serait méconnaître que cette navigation, par son importance et par les progrès des bateaux à vapeur, sans secours sérieux de l'administration, s'améliore d'elle-même, et que déjà Lyon est un centre où arrivent 55 bateaux à vapeur qui desservent le grand Rhône, le petit Rhône et la Saône.

On voit donc que, dans l'intérêt de notre commerce intérieur, nous devons améliorer

le Rhône. Si de cet intérêt nous passons à celui de notre commerce extérieur, les motifs d'opérer sur une base large s'accroissent manifestement.

On arrive ainsi à la question diplomatique. Au premier coup d'œil on peut la trouver embarrassante; mais, après examen, on voit qu'il s'agit presque uniquement de faire un traité avec le canton de Genève, canton si intéressé dans l'affaire qu'il doit venir et qu'il vient en effet au-devant de la France.

Ce traité fait, il s'agira de le soumettre à la diète suisse et à la Savoie.

Serait-il possible qu'il ne fût pas sanctionné? Non, sans doute; car il n'aura rien que d'avantageux pour toutes les parties contractantes, et il n'exigera de la Suisse et de la Savoie aucun sacrifice. Il augmentera le bien-être des peuples, et il ne nuira ni aux douanes, ni à la défense des frontières. C'est un de ces traités qui, en vivifiant le commerce, augmentent les relations amicales; un de ces traités, en un mot, qui préviennent les guerres quand elles peuvent être prévenues, et qui en adoucissent le fléau quand on n'a pu les éviter.

Le gouvernement français doit donc prendre en grande considération les projets du lac de Genève et ceux du Rhône. Pas une des opérations de navigation actuellement entreprises n'est aussi importante, et elles sont toutes, par rapport à la création du réservoir de Genève, incomparablement plus dispendieuses (*V*. la note 11).

Il est à désirer qu'on obtienne pour les travaux à faire sur le fleuve, à partir de 1844, un vote de 2 à 3 millions par an (*V*. le § 59). Quant aux travaux de Genève, il ne peut être question, en 1843 et 1844, que des projets et du traité à passer avec les Genèvois et à soumettre à l'acquiescement de la diète suisse et de la Savoie. Il s'agira ultérieurement de pourvoir à la dépense; mais il suffit pour le moment qu'on soit bien assuré qu'elle sera faible en comparaison des avantages qu'il s'agit de réaliser.

En marchant ainsi, la France suivra sa ligne civilisatrice ordinaire; elle appliquera des vues nouvelles, et d'autres nations probablement suivront son exemple et utiliseront ces vues. Il y a tel fleuve, peut-être, où les eaux peuvent s'emmagasiner dans un lac,

naturel ou artificiel, en plus grande proportion que dans le lac de Genève, et si l'emmagasinement permet qu'on retienne en hautes eaux toute la masse qui dépasse le produit moyen, de telle sorte que ce produit, ménagé et lâché avec intelligence, donne à ce fleuve pour un lieu déterminé, comme Lyon ou Valence sur le Rhône, un produit constant, on aura, chose bien remarquable, un régime où le fleuve toujours à la même hauteur, comme un canal, sera exempt des variations qui gênent et interrompent si souvent la navigation des cours d'eau naturels, et qui les rendent dangereux dans les inondations.

Et si le monde ne présente pas un fleuve propre à réaliser l'exemple d'une application aussi intéressante de nos idées, ce fait utile n'en sera pas moins établi : c'est que les lacs peuvent être d'un grand secours pour l'amélioration pratique du régime des fleuves.

---

# NOTES.

## NOTE 1.

### Sur un aperçu de calcul relatif aux endiguements.

Considérons l'effet des endiguements à l'aval de Lyon, sur 200,000 mètres de longueur, c'est-à-dire jusqu'auprès d'Avignon, et supposons qu'ils n'enlèvent au lit majeur du Rhône qu'une largeur moyenne de 500 mètres sur laquelle, dans les grandes crues, il n'y ait qu'une hauteur réduite d'eau d'un mètre. Ces endiguements soustrairont au fleuve un emplacement de 100 millions de mètres cubes, dans lequel, en se gonflant, il déposait en partie ses eaux. Mais, au-dessous de Lyon, son produit dans les grandes crues est moyennement de 10,000 mètres (*V.* le § 24), d'où l'on voit qu'il porte à la mer, en cinq jours de débordement, par exemple, 4 milliards 320 millions de mètres d'eau. Or, l'emplacement qui vient d'être évalué n'en peut contenir que la 43e partie; ainsi l'endiguement de

Lyon à Avignon n'aggraverait pas sensiblement le mal des inondations.

Mais il ne faut pas considérer isolément une partie du fleuve principal; il faut le considérer tout entier et avec tous ses affluents. Et comme le Drac, la Romanche, la Gresse, l'Isère, le Grand-Buesch, le Petit-Buesch, etc., etc., présentent de nombreux endiguements, on pourrait bien arriver à un chiffre vingt fois plus grand que celui que nous avons obtenu, ce qui donnerait pour l'emplacement soustrait aux eaux du Rhône 2 milliards de mètres cubes, ou presque la moitié du produit qu'il verse à la mer en cinq jours d'inondation.

On peut donc présumer que les endiguements qui s'opèrent partout, et presque toujours d'une manière très-utile, ont pourtant l'inconvénient de rendre les débordements, à la partie inférieure du fleuve, plus funestes qu'ils ne l'étaient.

## NOTE 2.

### Sur les déboisements et les défrichements.

Les inconvénients très-graves des déboisements et des défrichements ont frappé un grand nombre d'auteurs : il semble résulter de leurs écrits que c'est un mal qui n'a aucune compensation.

D'un autre côté, on sait que les bois disparaissent à mesure que la civilisation fait des progrès. On sait que les propriétaires continuent, en quantité d'en-

droits, à déboiser et à défricher. Enfin, si l'on fait attention que les produits des forêts abattues les premières se sont doublés bien des fois depuis l'abattage; que de même les récoltes des terrains défrichés ont payé en peu d'années les frais de défrichement, et que ces terrains, sauf des exceptions, n'ont pas éprouvé par l'entraînement des terres de notables réductions de valeur, on reconnaîtra que les déboisements et les défrichements, en somme, ont dû être avantageux à notre richesse actuelle : c'est du moins ce que nous présumons.

Il est fâcheux que les auteurs, trop préoccupés d'un côté de la question, aient négligé de faire les calculs comparatifs des avantages et des inconvénients. M. Surell, ingénieur des ponts et chaussées, a donné quelques chiffres sur cet objet (*a*); mais il faudrait qu'un homme de son mérite étudiât cette question à fond, et qu'il se rendît bien compte des effets météorologiques produits, en ce qui concerne l'humidité et la sécheresse, par la disparition des forêts.

Il y a sur cette question un travail très-intéressant de M. Dausse, ingénieur en chef des ponts et chaussées (*b*); il fait voir dans ce travail que les forêts, par l'humidité qu'elles conservaient, et par l'obstacle qu'elles mettaient à l'évaporation, impré-

---

(*a*) *V.* son ouvrage intitulé : *Etude sur les torrents des Hautes-Alpes.*

(*b*) *Annales des ponts et chaussées;* année 1842, page 184.

gnaient d'eau peu à peu toute la masse du sol d'où sortent les sources, de façon à donner en été une forte alimentation aux rivières : ainsi la Seine aurait obtenu, par l'existence des forêts, les avantages que le Rhône tire du lac de Genève. En effet, la surface du bassin de la Seine est d'environ 80 milliards de mètres carrés ; si l'on estime à 30 mètres la couche crayeuse supérieure qui, à cause de ses interstices, se laisse pénétrer d'eau, on a un volume de 2,400 milliards, et si l'on suppose, 1° que le rapport des vides à la masse entière soit d'un millième seulement ; 2° que l'humidité des forêts puisse remplir ces vides dans les neuf mois les plus froids, ils contiendront une masse d'eau de 2 milliards 400 millions de mètres cubes, dont les deux tiers environ, ou 1,600 millions de mètres, situés au-dessus du plan d'eau de la Seine, pourront servir à son alimentation.

On doit penser d'après cela que la navigation fluviale serait beaucoup meilleure si les déboisements n'avaient pas apauvri nos rivières (c).

Mais comment un apauvrissement si funeste n'aurait-il pas été plus remarqué qu'il ne l'a été ? Cela peut s'expliquer par la lenteur avec laquelle il s'est opéré ; par le manque de jaugeages et d'obser-

---

(c) Le Rhône a dû être moins apauvri que la Seine, 1° parce que le sol de la vallée du Rhône, selon toute apparence, est moins perméable ; 2° parce que, ses déclivités étant très-fortes, l'imbibition de la masse se trouve plus difficile.

vations annuelles, et enfin par le peu d'intérêt que présentait en général la navigation, soit par le défaut de travaux, soit à cause des péages et des autres entraves qui la gênaient. Le mal toutefois est bien réel, et il est sans doute beaucoup plus grand qu'on ne le croit communément.

Pour y remédier, reboiserait-on? Ce serait une opération extrêmement dispendieuse, à cause du temps considérable pendant lequel le sol resterait improductif. Construirait-on des lacs artificiels? C'est probablement ce qu'il y aurait de mieux à faire; mais, comme on le verra par les notes qui suivent, ce ne peut être qu'un faible moyen de remédier aux inconvénients du déboisement.

Ce sont là des questions immenses pour un avenir dans lequel la houille sera devenue chère et où les lignes navigables, débarrassées de péages, pourront avoir une grande utilité.

On sait déjà que la législation, en ce qui concerne les torrents, n'est pas en rapport avec les besoins publics; il est donc à désirer que le gouvernement facilite des recherches nouvelles propres à éclairer l'opinion. Les mesures législatives suivront nécessairement.

## NOTE 3.

### Des travaux à faire par l'État pour prévenir le mal des inondations.

Si, comme nous le croyons, les déboisements,

les défrichements et les endiguements, tels qu'on les a exécutés, ont augmenté notre richesse actuelle, et que, en même temps, ils aient nui à certaines localités, soit par la création de torrents dévastateurs, soit en élevant le lit de certains cours d'eau et en augmentant les désastres des inondations, il est évident que l'État, dont le budget s'est accru dans les pays de montagnes par l'amélioration de la propriété territoriale, doit participer aux dépenses nécessaires pour garantir dans les vallées, souvent couvertes d'eau, les populations qui souffrent.

C'est en effet ce qui a lieu; mais là ne se borne pas le devoir de l'État. Si par la création du réservoir du lac de Genève on peut, d'une part, creuser le lit du bas Rhône (*V.* le § 40); d'autre part, diminuer le volume des eaux d'inondation (*V.* le § 41), le gouvernement doit tâcher de réaliser ces avantages.

## NOTE 4.

### Sur la création des grands réservoirs.

Supposons que le lac de Genève soit desséché et qu'il s'agisse de le recréer. Ses profondeurs étant petites par rapport à ses largeurs, on peut dire que, soustrait au séjour des eaux, il serait partout cultivé. Or, en estimant l'hectare de terrain en culture à 3,000 fr., et la superficie du lac étant de 60,000 hectares (*V.* le § 2), les indemnités à payer seraient

de plus de 180 millions, car il y aurait certainement des habitations et même des villages entiers sur cette vaste plaine.

Les lacs du Bourget et d'Annecy, s'ils étaient desséchés et qu'il fallût les rétablir, proportion gardée, ne seraient pas d'un moindre prix.

De même, si on voulait transformer la plaine de Chamouny, ou celle du Bourg-d'Oisans, dans l'Isère, en vastes réservoirs, il faudrait faire des dépenses qui excéderaient évidemment les avantages.

De là il suit qu'on ne peut guère obtenir des réserves d'eau d'une capacité d'un milliard de mètres cubes, par exemple, en couvrant d'eau des espaces desséchés, et qu'il faut recourir, pour avoir de telles réserves, à de grands lacs naturels dont on barre le débouché afin de conserver une tranche d'eau disponible (*d*).

On ne doit pas compter, d'après cela, que la réserve de Genève puisse être bien sensiblement augmentée par des réservoirs à créer dans le Valais et dans les autres vallées qui versent leurs eaux dans le Léman. Cependant, les notes suivantes vont faire voir que, s'il ne s'agissait que d'obtenir 100 ou 200 millions de mètres cubes d'eau par an, on pourrait

---

(*d*) Les lacs du Bourget et d'Annecy pourraient fournir à eux deux, sans grande difficulté, et à l'avantage de la navigation du Rhône, une réserve dont la capacité serait d'environ 70 millions de mètres.

probablement créer dans ces vallées des réservoirs dont les dimensions et les prix sont d'un usage admis.

## NOTE 5.

### Sur les réservoirs à créer pour l'Yonne et pour la Seine.

L'amélioration de l'Yonne et de la Seine est d'une haute utilité pour l'approvisionnement de Paris. Des projets de perfectionnement de cette rivière ont été faits par M. Poirée, et déjà plusieurs de ses ingénieux barrages sont établis et fonctionnent. Mais pour obtenir des résultats qui soient en harmonie avec l'importance de l'Yonne et de la Seine, il faut en venir, suivant toute apparence, à la création des réservoirs que l'auteur avait indiqués dès l'origine de ses opérations.

Aujourd'hui, les études sont plus avancées, et le procès-verbal des enquêtes, terminé à Joigny le 22 octobre 1842, nous apprend qu'on peut obtenir à Andryes, aux Settons, à Saint-Aignan, à Villeneuve et à Serein, avec 5 millions et demi de dépense, des réserves d'eau de 120 à 130 millions de mètres cubes.

La commission, avec de vives instances et à l'unanimité, demande l'exécution des réservoirs dont il s'agit.

Il nous semble probable qu'on accueillera ses vœux, et que l'établissement tout au moins de

plusieurs de ces réservoirs, s'ils sont bien praticables, comme il y a lieu de le penser, sera prochainement ordonné.

## NOTE 6.

**Sur les réservoirs approuvés pour l'arrosage et pour la navigation dans le bassin de la Garonne.**

M. Montet, ingénieur en chef des ponts et chaussées, a fait dans l'intérêt d'un canal à construire de Toulouse à Saint-Martory, dans l'intérêt de la navigation de la Baïse et du Gers, dans l'intérêt de l'alimentation du canal des petites Landes et dans l'intérêt de l'arrosage, un grand projet basé sur l'exécution de plusieurs réservoirs (*V.* le mémoire lithographié de M. Montet, daté de Condom le 21 juillet 1841).

Le principal de ces réservoirs est placé au plateau de Lannemezan, entre Bagnères-de-Bigorre et Saint-Gaudens. Il recevrait les eaux de la Neste par une rigole de 18,494 mètres de longueur ; sa capacité serait de 16 millions et demi de mètres cubes ; la digue qu'il exige aurait 7,000 mètres de développement ; les hauteurs de cette digue varieraient de $9^m.50$ à $12^m.00$, et le prix de l'ouvrage entier, à part les rigoles alimentaires, serait de 2 millions.

D'autres réservoirs dits de l'Orédon, de Cap-de-Longue et d'Oule, situés sur le versant nord des Pyrénées, enverraient leurs eaux à celui de Lannemezan.

Les quatre réservoirs ensemble auraient une capacité de près de 50 millions de mètres, et la dépense totale qu'ils exigent est estimée à 4 millions. Elle s'élève à six avec les rigoles, qui sont une dépendance forcée des réservoirs.

Le conseil des ponts et chaussées a donné son approbation à ce projet le 26 janvier dernier. La dépense, y compris les canaux à exécuter, est de 24 millions.

## NOTE 7.

**Sur la comparaison du prix de revient du mètre cube d'eau approvisionné dans divers réservoirs exécutés ou projetés, ou approvisionné dans le lac de Genève.**

Au canal du Centre, l'étang Berthaud, dont nous avons parlé dans notre *Mémoire sur l'alimentation des canaux* (*e*), a été exhaussé comme nous l'avions proposé dans ce Mémoire (*V.* le § 29, page 311 des Annales). En estimant la digue à 152,000 fr. (*V.* le § 38, page 320 des Annales); la surface du terrain à 60,000 francs ; le prix total du réservoir, par conséquent, à 212,000 fr. (*f*), et son volume à 1,700,000 mètres

---

(*e*) *V.* les *Annales des ponts et chaussées;* année 1833, page 261.

(*f*) Il a probablement coûté davantage, à cause des frais occasionnés par l'établissement, en dehors de l'étang, de chemins qui le traversaient.

(*V.* le § 4, page 272 des Annales), le mètre cube revient chaque année à 0fr.0062.

Nous devons à M. Bonnetat, inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées, des renseignements très-exacts relatifs aux réservoirs du canal de Bourgogne. Ces réservoirs ont été construits en quelque sorte d'un seul jet; les étangs du canal du Centre, au contraire, ont été presque tous agrandis ou refaits, et il résulte de là qu'on ne sait guère ce que ces derniers ont coûté, tandis qu'on a sur les premiers des données fort précises.

Le réservoir de Grosbois, le plus grand qu'on ait en France, a coûté 3,582,614fr.35; la rigole au moyen de laquelle ses eaux sont conduites au bief de partage a coûté, y compris le souterrain, 1,676,243fr.94; ensemble 5,258,858fr.29, dont l'intérêt à 5 p. 0/0 est de 262,942fr.91. En ajoutant à cette somme 8,675fr.00, pour entretien, la dépense annuelle se trouve de 271,317fr.91, et comme ce réservoir donne chaque année 8,516,000 mètres cubes d'eau, le prix du mètre revient à fr.0319.

Les mêmes calculs, appliqués aux autres réservoirs du canal de Bourgogne, portent le prix du mètre d'eau, savoir : à 0fr.0310 pour le réservoir de Chazilly, dont le volume est de 5,281,634 mètres; à 0fr.0318 pour le réservoir de Cercey, dont le volume est de 3,741,171 mètres; à 0fr.0178 pour le réservoir de Panthier, dont le volume est de 1,836,436 mètres, et à 0fr.0377 pour le réservoir de Tillot, dont le volume est de 598,940 mètres. On a donc, en

somme, une dépense annuelle de 609,372$^{fr.}$.92 pour une réserve de 19,976,181 mètres, ce qui donne par mètre en moyenne 0$^{fr.}$.0305.

Pour les réservoirs à créer dans la partie haute de l'Yonne, d'après ce que nous avons dit note 5, le prix du mètre serait de 0$^{fr.}$.0023.

Au plateau de Lannemezan (*V.* la note 6), la dépense étant de 6 millions pour une capacité de 50 millions de mètres cubes, c'est 0$^{fr.}$.12 par mètre de capacité, et 0$^{fr.}$.006 par mètre cube d'eau, en supposant que cette capacité ne se remplisse qu'une fois par an. Si elle se remplissait une fois et demie, ce serait 0$^{fr.}$.004.

Enfin, au lac de Genève pour une dépense de 2 millions (*V.* le § 29) on aurait, moyennant une rente de 100,000 fr., un approvisionnement annuel qui, porté seulement à un milliard de mètres, ferait revenir le mètre cube d'eau à un dix millième de franc. Si pendant l'emploi de la réserve elle se remplissait de la moitié de sa capacité, le volume d'eau approvisionné serait d'un milliard et demi de mètres; et le prix du mètre se réduirait à 0$^{fr.}$.000066.

Ainsi, le prix de l'eau qu'on peut emmagasiner dans le Léman, pour le service du Rhône, est de beaucoup inférieur à celui de l'eau que peuvent fournir les grands réservoirs dont on s'est occupé jusqu'à présent.

## NOTE 8.

**Sur les diverses manières d'employer l'eau de la réserve de Genève.**

Supposons que le réservoir du lac de Genève au lieu de donner par an, comme il les donnera probablement, un milliard et demi de mètres cubes d'eau, n'en donne qu'un milliard, et qu'on veuille calculer les choses de manière que, dès le commencement d'un chômage, on soit en mesure d'aller jusqu'à la fin, quelque long qu'il soit. Estimons la durée du plus long chômage à 100 jours; on n'aurait alors à dépenser par jour que 10 millions de mètres cubes d'eau, ou 116 mètres de plus que le produit minimum du Rhône à Genève, évalué à 200 mètres (*V.* le § 25), ce qui donnerait en somme 316 mètres. On serait donc bien loin de doubler le produit du fleuve à Lyon.

Si l'on admettait sur le Rhône un chômage de 20 jours, pendant lesquels on suspendrait autant que possible l'écoulement à Genève, on réintégrerait dans le lac, à 150 mètres par seconde, 13 millions de mètres cubes d'eau en 24 heures, et en 20 jours 260 millions, ce qui donnerait à dépenser pendant les 80 jours restants $182 + 200 = 382$ mètres par seconde. On serait encore loin, comme on voit, de doubler le produit de Lyon.

Dans le cas dont il s'agit, et qui sûrement ne se réalisera pas, il y aurait une autre combinai-

son à examiner : ce serait d'opérer par *lâchures*, comme on le fait sur l'Yonne (*g*).

Admettons encore que le chômage soit de 100 jours, et supposons que les lâchures aient une durée de 24 heures et qu'elles aient lieu de deux jours l'un. On aura tout le long du Rhône, alternativement, 24 heures de hautes eaux et 24 heures de basses eaux. A raison de 150 mètres d'eau retenus par seconde à Genève, on pourra réintégrer dans la réserve, chaque jour d'eaux basses, 13 millions de mètres, et en 50 jours 650 millions, ce qui donnera pour les 50 jours de lâchures 1650 millions de mètres cubes. Le volume à dépenser dans chaque lâchure serait donc de 33 millions de mètres, ou par seconde de 382, lesquels avec les 200 mètres de produit du fleuve à Genève feraient 582 mètres. Le produit du Rhône à Lyon serait donc augmenté à peu de chose près de 19 treizièmes (*V.* le § 30).

Ainsi, on aurait pendant 24 heures, tous les deux jours, une excellente navigation. Les bateaux à vapeur descendraient de Lyon à Arles en 12 heures comme aujourd'hui, mais de deux jours l'un seulement. Quant à la durée du trajet à la remonte, elle est de 28 à 38 heures de marche (*h*), qui prennent

---

(*g*) *Histoire de la navigation intérieure*, par M. Dutens, tome I^er^, page 22.

(*h*) Un des bateaux qui font le service du grand Rhône (le *Siroco*) a opéré la remonte en 24 heures avec 70 tonneaux de charge et $0^m.97$ de tirant d'eau.

de 2 à 3 jours, parce qu'on s'arrête la nuit, et qui en prendraient le double, la navigation continuant de ne se faire que le jour.

Si la durée des lâchures était de 16 heures sur 24, on aurait l'avantage de descendre tous les jours de Lyon à Arles. En effet, admettons que la vitesse du flot produit par une lâchure soit de 10 kilomètres à l'heure, ce flot aura 160 kilomètres de longueur. La durée de marche des bateaux à vapeur, de Lyon à Arles, pour parcourir 281 kilomètres, étant de 12 heures (*i*), la tête du flot pendant cette durée de marche parcourra 120 kilomètres. Donc si la queue du flot passe à Lyon le matin à 6 heures, et que ce soit l'heure de départ des bateaux, ils arriveront à Arles en même temps que la tête du flot, après un parcours de $160 + 120 = 280$ kilomètres. Cette combinaison de lâchures serait évidemment très-avantageuse pour la descente du Rhône au-dessous de Lyon ; mais en amont de Lyon à la descente, et en aval à la remonte, il faudrait naviguer la nuit. C'est probablement ce qui aura lieu, parce que le thalweg du fleuve, par l'emploi de la réserve, deviendra beaucoup plus fixe qu'il ne l'est à présent, et parce que l'importance de la navigation s'accroissant on ne s'arrêtera pas devant des difficultés qu'il sera possible de vaincre (*V.* les §§ 38 et 41).

Peut-être qu'au lieu d'opérer par lâchures dès le

---

(*i*) Le *Siroco* et le *Sirius* n° 1 ont opéré la descente en 10 heures.

commencement du chômage, on ne devrait prendre ce parti qu'à l'époque où le manque d'eau deviendrait tout à fait menaçant. Peut-être aussi vaudrait-il mieux, à cette époque, réduire la charge des bateaux. En bonnes eaux, elle est quelquefois à la remonte de 230 tonnes, et quand les eaux ne permettent bientôt plus de naviguer elle se réduit assez souvent à 40. Ainsi, la durée du chômage se prolongeant, au lieu de doubler le produit du Rhône à Lyon, on ne l'augmenterait que des deux tiers ou de moitié.

Il nous semble présumable que la meilleure combinaison serait d'employer l'eau d'une manière continue et dans la supposition d'un chômage ordinaire, sauf, si la durée du chômage se prolongeait, à interrompre la navigation un jour sur trois, puis un jour sur deux, puis entièrement si c'était nécessaire.

On remarquera en passant que, si l'on employait le système des lâchures, on n'aurait point à craindre que les alternatives des eaux basses et hautes ne produisissent des dépôts de sables gênants, attendu que ces dépôts ne peuvent pas être sensibles quand l'abaissement des eaux se fait en quelque sorte instantanément (*V.* le § 39).

## NOTE 9.

### Sur les tarifs des voies de communication.

Le roulage est le mode de transport le plus grossier, et chez nous il n'est grevé d'aucun péage, tan-

dis que nos grandes lignes navigables et nos grands chemins de fer, qui sont des voies de communication plus perfectionnées, se trouvent soumis à des tarifs. Il est clair que par ces tarifs nous nous interdisons, jusqu'à un certain point, l'emploi des moyens de transport les plus avantageux. Et comme tous nos voisins ont aussi des tarifs, et qu'il y en a même sur les routes, en Angleterre et en Belgique, il faut en conclure que les nations, sur ce point, comme sur beaucoup d'autres, sont encore loin de bien comprendre leurs intérêts.

Cependant les voies de communication se perfectionnent beaucoup. Nous consacrons chaque année 28 à 29 millions à nos routes royales (*j*); nos routes départementales (*k*), et même un grand nombre de nos chemins vicinaux, sont bien entretenus. Nous voulons partout des pentes douces et des chaussées bien roulantes, afin que le fret soit à bon marché, et que de toute part les produits arrivent à bas prix au consommateur; car la production nous embarrasse, et nous sentons que le premier besoin du commerce est de faciliter la consommation, en di-

---

(*j*) Dans cette somme ne sont pas comprises, 1° les dépenses de 2 millions, pour 1843 et 1844, relatives aux routes royales de la Corse; 2° les réparations extraordinaires autorisées par la loi du 25 juin 1841. L'allocation pour ce dernier objet s'est élevée en 1841, 1842 et 1843 à 24 millions, et 6 millions sont demandés pour 1844.

(*k*) Le développement des routes départementales est à peu près le même que celui des routes royales.

minuant le prix des transports : mais on ne convient pas que le moyen le plus simple d'arriver à ce résultat, et en même temps de ménager les routes, consiste à supprimer les péages sur les voies importantes de communication. C'est que beaucoup d'intérêts sont unis à l'existence des péages.

Pour qu'ils soient maintenus, on a dit : « Il faut » que les canaux et les chemins de fer soient payés » par ceux qui s'en servent; donc les tarifs sont justes » et nécessaires. » Cet argument si puissant au premier coup-d'œil ne serait-il pas au fond absolument vide de sens? En effet, est-ce que les bateliers se servent des canaux pour eux exclusivement? Est-ce qu'ils sont autre chose que les agents indirects des consommateurs de houille, de fer, de blé, de bois, de vin, de poisson, de sel que portent les bateaux? Et les bateliers sont-ils sur les canaux autre chose que ce que sont les rouliers sur nos routes exemptes de péages?

Il faut que ceux qui se servent des voies de communication les paient! Mais considérez donc que c'est un principe anti-social. Voudriez-vous rappeler les temps barbares en mettant des péages sur nos routes? Prétendriez-vous, dans votre système étroit d'impôts indirects, faire que toute chose fût payée par ceux qui vous semblent en profiter le plus? Ainsi, l'Alsace paierait-elle les fortifications du Rhin? Le littoral de l'Océan et de la Méditerranée paierait-il nos matelots, nos vaisseaux et nos ports? Les Cévennes ne paieraient-elles rien pour l'armée, attendu qu'elles sont à l'abri des invasions de l'étranger? Ce

serait renouveler, à chaque discussion du budget, la dispute des membres et de l'estomac.

Voyons la question de plus haut. Les hommes qui forment une nation sont liés par une foule d'intérêts qui leur sont communs, et l'on pourvoit à ces intérêts au moyen d'un budget des recettes et d'un budget des dépenses. Parmi les articles qui composent ce dernier figurent les grandes voies de communication; l'État en fait les frais par une allocation particulière, attendu qu'elles sont essentielles, indispensables à notre vie commerciale. Et le budget des recettes est lui-même très-intéressé à ce que cette allocation soit sagement étendue; car elle accroît les contributions personnelle, foncière, mobilière et des portes et fenêtres; les recettes de l'enregistrement, du timbre, des hypothèques, des passeports, des ports-d'armes, des frais de greffe, des amendes, des douanes, des boissons, des sels, des voitures publiques, des tabacs, des octrois, des poudres, de la poste aux lettres, etc., etc.; en un mot, toutes les sources du trésor. Aussi, la suppression des droits qui gênent le développement de la richesse nationale produit-elle toujours une augmentation dans le montant des recettes financières.

Notre écrit n° 3, intitulé : *Des voies de communication considérées sous le point de vue de l'intérêt public*, ne laisse là-dessus, ce nous semble, aucun doute. Quand il a été publié, nous avons eu beaucoup de contradicteurs; mais l'opinion depuis a fait bien des pas, puisque M. le ministre des travaux publics a proposé des lois, sinon pour abolir entièrement,

du moins pour diminuer les péages des canaux. Ces lois, il est vrai, n'ont pas été votées; mais on ne consentira pas à laisser les canaux, qui nous ont coûté si cher, éternellement improductifs, et il faudra bien qu'on en vienne à supprimer une grande partie des droits de navigation dont ils sont grevés, ou bien l'indifférence des chambres, sur un pareil sujet, amènerait le public à penser qu'on n'a pas fait les canaux dans le but d'améliorer notre navigation.

Ce n'est pas ici, au surplus, qu'il convient d'entrer dans de plus grands détails; nous avons seulement voulu, en remontant aux principes, montrer que c'est par des motifs péremptoires que nous proposons de porter au budget, sans créer aucun droit nouveau, la dépense des barrages de Malpertuis et des travaux du Rhône : c'est une dépense qui sera productive.

Et de même que le propriétaire d'une riche houillère fait, pour la mettre en exploitation, la dépense des puits de mine, de même une nation éclairée ne laisse pas imparfait un fleuve comme le Rhône, quand elle a des moyens faciles d'augmenter sa valeur.

## NOTE 10.

**Sur la comparaison d'un canal et d'un chemin de fer; on ne doit plus, en France, créer de nouvelles lignes de navigation sans examiner soigneusement si un chemin de fer n'est pas préférable.**

On a vu, par la note précédente, que l'établissement d'un péage sur un grand canal et sur un grand

chemin de fer est, en général, une mesure contraire à l'intérêt public. Nous allons, en conséquence, supposer dans cette note que les deux sortes de voies de communication qu'il s'agit de comparer sont exemptes de péage.

Chacune de ces deux sortes de voies a ses avantages particuliers.

Sur les canaux, ordinairement, on emploie des bateaux de 80, 100, 150 tonnes et quelquefois plus. Il résulte de là que l'emploi des bateaux ne convient pas toujours pour les petites distances, parce que les temps du chargement et du déchargement étant considérables par rapport au temps du trajet, qui est l'effet utile, cet effet se trouve faible. De même, si la cargaison devait se composer de petites masses prises et à distribuer chez beaucoup de négociants, on rendrait trop grands les inconvénients du chargement et du déchargement. De là nous conclurons qu'un canal convient spécialement pour transporter, à de grandes distances, les grosses masses prises sur un même point.

Sur les chemins de fer, au contraire, le chargement d'un wagon n'étant que de trois tonnes, ces chemins conviennent éminemment pour les masses qui doivent être prises en différents lieux, qui sont adressées à diverses personnes et qu'il s'agit de transporter à de petites distances.

Il est évident aussi que la marche étant lente sur le canal et rapide sur le chemin de fer, les marchandises précieuses, dont la quantité s'accroît constamment, et dont l'envoi est toujours pressé, préfér

ront les chemins de fer, tandis que la houille, le bois, la pierre, etc., s'accommoderont de la voie d'eau.

Quant au prix des travaux, comparons spécialement un chemin de fer de second ordre et une ligne navigable du même ordre projetée dans une même vallée et sans point de partage. Sur cette dernière on aura des écluses de 5$^{m}$.20 de largeur, et l'exécution, pour l'économie, pour la rapidité et pour la bonté du travail, étant confiée au gouvernement, investi comme aux fortifications de Paris de tous les moyens de bien faire, on peut estimer le prix de revient à 500,000 francs par lieue. Pour le chemin de fer, nous supposerons qu'il s'agit de joindre les mêmes extrémités, et qu'on ne veut avoir qu'une voie, avec de longues gares pour le croisement des convois, avec des rayons de 500 mètres, si le terrain est difficile, et au besoin avec des plans inclinés : nous évaluerons le prix de revient à 450,000 fr. Or, un tel chemin, en général, sera aussi avantageux que le canal pour le transport des marchandises; car, si le prix de traction est un peu plus fort, on aura d'après ce qui précède plus de célérité, plus de sûreté pour la conservation des colis, plus de facilités pour les envois de détail et pour les transports à de petites distances, et enfin moins de dépenses de premier établissement. Il y aura donc suivant nous, sous ces divers rapports, équivalence à peu près entre les services à attendre du chemin de fer et du canal.

Mais deux autres considérations nous semblent faire pencher la balance en faveur du chemin de fer.

La première, c'est qu'il peut au moyen des plans inclinés se ramifier de manière à aboutir, par des embranchements, à tous les établissements possibles et même quelquefois, dans les villes, aux manufactures et aux magasins situés dans des rues peu inclinées, avantage que n'a pas le canal, puisque pour l'ordinaire il est au fond d'une vallée dont on ne peut s'écarter, à moins de suivre un affluent, qu'en faisant des souterrains : c'est un avantage extrêmement important du chemin de fer (*l*).

La seconde considération, c'est que le chemin de fer transportera sans difficulté des voyageurs à 4 lieues à l'heure avec les convois de marchandises, et qu'il pourra même offrir un ou deux voyages par jour dans chaque sens, avec la vitesse de 7 à 8 lieues. Ce second avantage qui à lui seul motive souvent l'exécution d'un chemin de fer, est d'une importance qui fera presque toujours rejeter le canal (*m*).

Il nous semble, d'après cela, qu'il ne convient plus en France de faire de nouvelles grandes lignes navigables, et qu'il faut peut-être considérer même

---

(*l*) On peut en juger par le chemin de Lyon à Saint-Etienne, où les wagons sont chargés de houille sur le carreau des mines, et viennent à la gare de Lyon, d'où ils se distribueraient dans une grande partie de la ville si l'on voulait établir dans les rues des voies de fer qui ne gêneraient nullement la circulation des voitures.

(*m*) Il y a toutefois des cas particuliers où la ligne navigable doit être préférée parce qu'elle peut donner un plus fort tonnage detransports.

plusieurs de celles que l'on a récemment entreprises comme un mauvais emploi des fonds de l'État.

Les travaux de navigation, suivant nous, devraient donc généralement se réduire à l'entretien et à l'amélioration des voies existantes.

Ainsi, ce n'est pas par amour des canaux que nous proposons d'exécuter le projet de réservoir du Léman, le projet de Malpertuis et de grands travaux sur le Rhône, c'est parce qu'on a, d'une part, une navigation de Seyssel à la mer; d'autre part, une navigation de Genève à Villeneuve et dans le Valais, et qu'il importe de lier et de perfectionner ces navigations déjà très-florissantes et qui seront, après les travaux, d'un plus grand intérêt encore pour la prospérité publique.

## NOTE 11.

**Sur la comparaison de l'utilité du projet du réservoir de Genève avec celle des divers travaux de navigation qui s'exécutent ou qui sont projetés en France.**

Nous exécutons le canal de la Garonne; il nous coûtera très-cher, et ne nous donnera pour avantage que d'avoir des transports que la rivière, sur laquelle on opère de grandes améliorations, ne permettrait pas de faire. Or, ces transports seront certainement peu considérables, car les bateaux à vapeur continueront de pratiquer l'ancienne voie, qui sera préférée aussi, en général, pour la navigation à la descente, laquelle est fort importante pour Bordeaux.

Nous exécutons aussi un canal de la Marne au Rhin. Déjà Paris et le Rhin se trouvaient joints par le canal de la Saône au Rhin, et par trois autres lignes, savoir : celle du canal de Bourgogne, celle du canal du Nivernais, et celle des canaux de Loing, de Briare, latéral à la Loire et du Centre. On aura donc une quatrième ligne, et son emploi très-probablement sera bien peu considérable.

On exécute et l'on projette beaucoup d'autres travaux de navigation; mais si de ces travaux on excepte ceux de l'Yonne et ceux de la Seine, qui intéressent l'approvisionnement de Paris, il n'en restera pas un qui, si on en calculait l'utilité, puisse être mis en comparaison avec le Rhône.

Si nous n'étions pas pressé par le temps et loin des lieux où nous pourrions puiser des données, nous chercherions à justifier ce qui précède par des chiffres, mais l'importance du Rhône étant bien connue (*n*) on ne trouvera rien de téméraire, du moins nous le croyons, dans l'assertion suivante : c'est que, en fait de travaux de navigation, aucun ouvrage ne sera d'une dépense plus productive que celle de l'établissement de la réserve de Genève.

---

(*n*) On trouve dans le mémoire de M. Kermaingant sur le chemin de fer de Lyon à Marseille le tonnage des transports qui s'opéraient en 1828-1833; ce tonnage depuis a beaucoup augmenté.

## NOTE 12.

**Sur les soufflets de forge appelés *trompes*, comme exemple de la machine qui fonctionne, suivant nous, dans l'accomplissement d'une seiche.**

Les trompes sont décrites dans la *Richesse minérale*, par M. Héron de Villefosse, tome 3, p. 180; dans le *Traité d'hydraulique* de M. d'Aubuisson, p. 516, et dans un *Mémoire* de M. Hérault, inséré dans les *Annales des Mines*, deuxième série, tome 3, p. 378.

La trompe dont il s'agit dans ce dernier ouvrage se compose d'un arbre vertical creux, placé au-dessus d'une tonne de $1^m.325$ de hauteur intérieure, défoncée à sa partie inférieure et plongeant dans un bassin d'eau stagnante. Un courant d'eau servant de moteur arrive sur la partie supérieure de l'arbre et se précipite dans la tonne où il entraîne l'air; cet air s'y comprime, et il en sort avec rapidité par un tube placé à la fonçure supérieure de cette tonne.

L'arbre a $8^m.03$ de hauteur, et le diamètre du creux intérieur est de $0^m.216$.

Au haut de l'arbre, le creux intérieur présente une partie étroite de $1^m.06$ de longueur, en entonnoir très-allongé, dont le diamètre à sa partie inférieure n'est que de $0^m.15$; c'est ce qu'on nomme l'*étranguillon*. Au-dessous et très-près de cet étranguillon se trouvent quatre ouvertures placées deux à deux en regard à des hauteurs différentes. Les plus élevées ont $0^m.09$ de hauteur sur $0^m.06$ de largeur, et les

deux autres sont de simples trous de tarière. Ces quatre ouvertures, appelées *aspirateurs*, sont destinées à l'introduction de l'air dans le corps de la trompe.

La machine étant mise en jeu, on avait une chute utile de $8^m.95$, et la dénivellation de l'eau de la tonne, par rapport à celle du bassin, était de $0^m.84$ à $0^m.85$, ou de $0^m.0623$ mesurée avec le mercure : c'est-à-dire que la compression exercée par l'air dans l'intérieur de la tonne était d'environ un douzième d'atmosphère. La quantité d'eau employée était de $0^m.085$ cubes par seconde, et celle de l'air soufflé de deux dixièmes de mètre cube. Cet air en sortant avait une vitesse de 110 mètres.

On voit par ce court exposé que, avec une faible hauteur de chute, on obtient des effets considérables de pression, et l'on conçoit tout de suite ce que notre explication des seiches a de plausible.

En rédigeant le chap. II de ce livre, nous ne pensions pas devoir entrer dans des détails de calcul propres à mettre cette explication dans tout son jour; depuis, nous avons pénétré un peu plus avant dans la question. Nous allons répondre, dans les notes suivantes, à plusieurs objections qui nous ont été faites ou qui peuvent nous être faites. On verra, dans la note 26, quelle est la conclusion que nous tirons de l'examen supplémentaire auquel nous nous sommes livré.

## NOTE 13.

**Sur les seiches de la Méditerranée, considérées comme une objection contre notre théorie.**

On nous a dit que notre explication devait rendre compte des seiches de la Méditerranée, ou qu'elle était défectueuse. Nous répondrons en premier lieu que les seiches sont encore peu connues; qu'on n'a même guère distingué celles qui commencent par le soulèvement des eaux de celles qui commencent par leur abaissement, et que, selon toute apparence, on serait fort peu fondé à dire que les seiches de la Méditerranée et celles du Léman fussent des phénomènes absolument de même espèce. En second lieu, que lors même que ces phénomènes viendraient de la même cause, il suffirait qu'ils fussent produits sur des surfaces d'étendues excessivement différentes pour que les effets appréciés jusqu'à présent offrissent de grandes dissemblances. Enfin, en troisième lieu, que notre théorie peut s'appliquer en effet aux changements de hauteur que la Méditerranée éprouve accidentellement, mais que les détails relatifs à ces changements de hauteur doivent être bien connus avant qu'on puisse, avec quelque fondement, en inférer rien ni pour ni contre notre explication.

## NOTE 14.

**Sur la limpidité des eaux du Léman, considérée comme une objection contre la théorie des seiches.**

On sait que les eaux du Léman sont d'une limpidité remarquable. Or, nous a-t-on dit, si elles se renouvelaient par des sources de fond, ces sources soulèveraient des vases et les eaux du Léman seraient troubles. Nous croyons que cette objection est facile à détruire. Admettons, comme nous l'avons supposé § 11, que les orifices de fond soient placés sur le talus de l'intérieur du lac, entre Meillerie et Villeneuve, où la profondeur est d'environ 300 mètres; il est clair que les eaux arrivant par ces orifices ne soulèveront pas de vase et ne troubleront nullement la transparence du lac. Mais lors même que les eaux viendraient par les endroits les plus profonds, n'est-il pas manifeste que ces eaux, en parcourant 300 mètres au moins pour s'élever lentement à la surface, s'épureraient et deviendraient parfaitement limpides? De plus, il faut considérer encore que les courants pousseraient les vases dans des parties où l'eau serait calme, et d'où ces vases ne bougeraient plus et ne saliraient pas le produit des sources.

## NOTE 15.

**Sur la grandeur des lacs souterrains admis dans notre théorie des seiches.**

Supposons que dans la seiche du 3 août 1763 (*V.* le § 11), les lacs souterrains, pour soulever la masse d'eau du Léman évaluée à 180 millions de mètres cubes, se soient abaissés ou de 10 mètres ou de 2 mètres, ce qui suppose que la compression de l'air sous les voûtes souterraines se soit trouvée augmentée, dans le premier cas, d'environ une atmosphère, et dans le second cas, d'un cinquième d'atmosphère.

L'abaissement de l'eau dans les lacs souterrains multiplié par leur surface devant donner 180 millions, on a pour cette surface,

Dans le 1er cas, 18 millions de mètres;
Dans le 2e cas, 90 millions.

Si donc on supposait qu'il y a 20 lacs, qu'ils sont égaux et que leur largeur est de 500 mètres, ils auraient une longueur, ensemble,

Dans le 1er cas, de 1,800 mètres;
Dans le 2e cas, de 9,000. »

Jusqu'à quel point peut-on admettre des lacs

souterrains ayant de telles dimensions? c'est la question à résoudre.

Selon plusieurs de nos amis, ingénieurs des mines, auxquels nous avons communiqué notre théorie des seiches, les immenses soulèvements que la surface du globe a subis dans le voisinage du Léman portent à croire qu'il a très-bien pu se former des cavités intérieures aussi grandes et plus grandes que celles dont il s'agit. Selon d'autres ingénieurs du même corps, parfaitement capables de bien peser les choses, mais qui n'avaient pas lu ce que nous avons écrit sur les seiches, l'existence de ces cavités n'était guère admissible, ou même ne l'était nullement.

Nous ne connaissons pas les motifs de ces derniers. Il est présumable que la difficulté d'imaginer que des voûtes de rocher soient soutenues au-dessus des lacs est le motif qui détermine leur opinion.

Un tel motif est grave sans doute; mais s'il était constaté que dans les seiches, ainsi que nos renseignements nous le font présumer (*V.* les §§ 7 et 11), le Léman s'élevait partout à la fois, il faudrait probablement passer outre et admettre les lacs souterrains.

On se dirait peut-être alors que, au moment où les soulèvements de la croûte solide de la terre s'opéraient, cette croûte a pu se séparer en lames et que des rochers provenant des débris arrachés aux lames supérieures, dans le déchirement de la masse, se seraient interposés entre deux lames consécutives, pour empêcher leur rapprochement, ce qui aurait

produit des voûtes dont la grande étendue ne serait pas surprenante, vu que ces voûtes seraient soutenues en différents endroits par des espèces de piliers.

Il est bien évident que nous n'avons aucune idée arrêtée sur ce point ; nous nous bornons à soumettre la question aux géologues.

## NOTE 16.

**Sur les conduites d'eau qui devraient exister entre le Léman et les lacs souterrains, d'après notre théorie des seiches.**

Nous avons dit, § 10, que le tarissement des sources d'Aix en Savoie, par l'effet du tremblement de terre de Lisbonne, prouvait qu'il y a dans l'intérieur du globe des fissures qui s'étendent à de grandes distances, et nous croyons que c'est un fait assez généralement admis. Mais si de telles fissures peuvent exister, pourquoi celles qui sont nécessaires pour joindre le Léman avec des lacs souterrains n'existeraient-elles pas?

On remarquera d'ailleurs que s'il n'y avait qu'un lac souterrain, il ne faudrait qu'une seule conduite de communication.

Enfin, on peut imaginer que cette conduite ne soit pas autre chose que l'extrémité du lac souterrain lui-même.

Il nous a semblé cependant que des personnes extrêmement instruites croyaient que l'existence des

conduites d'eau en question ne pouvait être admise. Nous en prévenons, afin d'appeler sur ce point l'attention des lecteurs.

## NOTE 17.

**Sur la force motrice nécessaire pour soulever les eaux du Léman dans notre théorie des seiches.**

La masse d'eau soulevée dans la seiche du 3 août 1763 (*V.* le § 11) ayant été évaluée à 180 millions de mètres cubes, ou 180 milliards de kilogrammes, et le déplacement du centre de gravité se trouvant de $0^m.15$, le travail produit est égal à 27 milliards de kilogrammes. Cela posé, nous allons essayer d'évaluer le travail moteur.

Imaginons qu'un orage soit venu fondre sur les glaciers que nous supposons en communication avec les lacs souterrains, et bornons-nous à considérer, parmi ces glaciers, ce qui serait relatif à la mer de glace. Nous estimerons l'étendue de la vallée où est cette mer, à partir du Montanvers, à la simple superficie du glacier ou à 80 millions de mètres carrés, et nous supposerons que l'orage ait donné sur cette superficie une hauteur d'eau de $0^m.01$ (*o*), le volume d'eau produit sera donc de 800,000 mètres

---

(*o*) Un orage a donné à Monbard, le 14 avril 1831, en 15 minutes, une hauteur d'eau de $0^m.012$. Ce renseignement nous a été fourni par M. Bonnetat.

cubes ou de 800 millions de kilogrammes. Et comme il balayera toutes les parties du glacier, il emmènera nécessairement dans les fissures des quantités considérables de glaces à demi fondues, et des glaçons que le frottement et l'adhérence arrêtaient sur des surfaces peu inclinées. Nous pouvons donc admettre, sans grande erreur, que le volume d'eau, de glace et de neige fondue entraîné dans les lacs souterrains soit d'un million de mètres ou d'un milliard de kilogrammes.

La hauteur du Montanvers au-dessus du lac de Genève étant évaluée à 1,100 mètres, nous porterons celle des orifices des fissures placées au fond de la mer de glace, en amont du Montanvers, en moyenne à 1,350 mètres, ce qui donne pour le travail moteur 1,350 milliards de kilogrammes.

D'où l'on voit que l'effet utile, dans le mécanisme auquel seraient dues les seiches, ne serait que de $\frac{27}{1350} = \frac{1}{50}$. Or, cet effet utile est estimé dans les trompes à un dixième (*p*); donc le travail moteur que nous trouvons est cinq fois plus fort qu'il ne le serait pour produire le même résultat avec une trompe établie soigneusement.

Mais il faut considérer, 1° que les eaux, les neiges fondues et les glaçons ne trouvent sûrement pas des fissures verticales pour donner à l'air, sans cascades qui amoindrissent l'effet de la chute, une

(*p*) *V.* le *Traité d'hydraulique* de M. d'Aubuisson, page 521.

compression la plus grande possible; 2° que les orifices des fissures sous les glaciers ne présentent pas pour former un étranguillon et des aspirateurs (*V.* la note 12) une bonne disposition; 3° que le mouvement que produit une sèche, même une grande seiche, ayant peu de durée, on ne peut pas supposer qu'il arrive, dans aucune des périodes de la seiche, à l'uniformité. Or, il résulte de là une grande perte du travail moteur.

D'un autre côté, on remarquera que nous aurions pu, suivant les cartes connues des environs du Mont-Blanc, prendre pour la surface de la vallée un chiffre plus grand que celui de 80 millions de mètres carrés, et pour la hauteur de la quantité d'eau tombée plus de 10 millimètres.

Il nous semble, d'après cela, que l'évaluation du travail moteur d'un orage propre à donner de grandes seiches, suivant notre théorie, au lieu de fournir une objection contre cette théorie est au contraire bien d'accord avec elle, et ne peut que l'appuyer.

## NOTE 18.

**Sur les dimensions de la section des fissures à l'endroit où, suivant notre théorie des seiches, cette section remplirait la fonction de l'étranguillon dans les trompes (*V.* la note 12).**

D'après la note qui précède, la quantité d'eau, de neige fondue et de glaçons qui aurait pénétré dans les fissures en 600 secondes, serait d'un million de mètres, ce qui donne par seconde, en moyenne,

1,666 mètres. Supposons que la vitesse ait été, aussi en moyenne, de 4 mètres; il aurait donc fallu une section de 416 mètres : soit 5 sur 83. Ce sont des dimensions assurément fort admissibles.

Il est vrai que notre calcul a été fait sur des moyennes, et qu'il doit y avoir un moment où la quantité d'eau qui passe est de beaucoup plus de 1,666 mètres. Mais nous pouvons supposer que pour cette circonstance la vitesse, au lieu d'être de 4 mètres, soit, par l'effet de l'eau accumulée au haut des fissures, de 10 mètres, par exemple.

Au surplus, l'ensemble des orifices où l'eau devrait passer, comme par l'étranguillon des trompes, fût-il de 5 mètres sur 100 ou même sur 200, de telles dimensions sont trop faibles pour qu'on puisse nous objecter que de pareils orifices n'existent pas au fond des glaciers.

Les notes qui suivent montrent que, sous d'autres rapports, notre théorie réclame des orifices beaucoup plus grands que ceux dont il vient d'être question.

## NOTE 19.

Sur les dimensions des fissures qui, dans notre théorie des seiches, remplaceraient la fonction des aspirateurs dans les trompes (*V.* la note 12).

Occupons-nous toujours de la seiche du 3 août 1763 (*V.* le § 11), et supposons qu'il n'y ait qu'un lac souterrain, qu'il aboutisse par une extrémité dans le Léman, et qu'il présente à l'autre extrémité une che-

minée verticale débouchant sous la mer de glace, en amont du Montanvers, à 1,350 mètres au-dessus du niveau du lac de Genève, ainsi que nous l'avons admis dans la note 17.

Cela posé, soient,

V le volume, évalué § 11 à 180 millions de mètres cubes, dont le lac de Genève s'est élevé le 3 août;

$m$ le nombre par lequel il faut multiplier V pour avoir la capacité comprise entre la surface ordinaire des eaux du lac souterrain et la calotte de ce lac, ce qui donne $m$V pour l'expression de cette capacité;

$p$ la pression exercée sur cette surface au moment de la plus grande intumescence de la seiche, l'unité représentant la pression atmosphérique;

Enfin, soit $x$ la quantité d'air, sous la pression égale à 1, que l'effet de la chute d'eau dans la cheminée amène dans la calotte souterraine.

La capacité de cette calotte, 10 minutes ou 600 secondes après l'origine du phénomène, se trouvera augmentée de V, par l'abaissement de l'eau; d'où il suit que cette capacité sera exprimée par $(m+1)$ V.

Les volumes de l'air étant en raison inverse des poids comprimants, celui de la masse d'air $m$V, qui occupait primitivement la calotte souterraine, sera exprimé au bout de 600 secondes par $\frac{m}{p}$ V; celui de l'air $x$, au même moment, par $\frac{x}{p}$, et ces deux quantités devront ensemble former le volume $(m+1)$ V, ce qui donne,

$$\frac{m}{p}V+\frac{x}{p}=(m+1)V;$$

d'où l'on tire

$$x=\{p(m+1)-m\}V$$

Actuellement, ainsi que dans la note 15, considérons deux cas : l'un où la pression sur le lac souterrain est augmentée, au moment du plus grand effet de la seiche, d'une atmosphère, et l'autre où elle n'est augmentée que d'un cinquième d'atmosphère. On aura,

$$1^{er}\text{ cas},\ p=2 \quad \text{et} \quad x=(m+2)V;$$
$$2^{e}\text{ cas},\ p=\frac{6}{5} \quad \text{et} \quad x=\left(\frac{m}{5}+\frac{6}{5}\right)V.$$

Si donc on avait $m=2$, il viendrait en substituant pour V sa valeur,

$$\left.\begin{array}{l}1^{er}\text{ cas},\ x=720{,}000{,}000\\ 2^{e}\text{ cas},\ x=288{,}000{,}000\end{array}\right\}\text{ mètres cubes,}$$

pour la quantité d'air amenée dans la calotte du lac souterrain en 600 secondes, ce qui fait par seconde moyennement :

$$\left.\begin{array}{ll}1^{er}\text{ cas}, & 1{,}200{,}000\\ 2^{e}\text{ cas}, & 480{,}000\end{array}\right\}\text{ mètres cubes.}$$

Mais quelle pourra être la vitesse de cet air ?

Des corps graves, comme les glaçons ou la neige fondue, tombant dans le vide d'une hauteur de 1,350 mètres, auraient au bas de leur chute une vitesse de 164 mètres. Dans l'air, la vitesse sera moins forte; mais la cheminée, par l'effet d'une chute de glaçons, de neige fondue et d'eau, devant être promptement débarrassée de celui qui d'abord aura présenté de la résistance, on conçoit que l'air du haut devra être attiré bien vivement. Supposons que sa vitesse moyenne soit de 30 mètres, mais que cet air étant moins pressé il en faille 3 mètres pour en faire deux à la pression d'une atmosphère; ce sera comme si la vitesse pour cette dernière pression était de 20 mètres. La section serait donc égale, savoir :

$$\left.\begin{array}{l} 1^{er} \text{ cas, à } 60{,}000 : \text{ soit } 5 \times 12000 \\ 2^{e} \text{ cas, à } 24{,}000 : \text{ soit } 5 \times 4800 \end{array}\right\} \text{ mètres carrés.}$$

Maintenant, pour avoir les dimensions correspondantes au maximum de vitesse de l'air entraîné, imaginons qu'il faille doubler les chiffres précédents, on aurait donc, pour des fissures de 5 mètres de largeur réduite, un développement moyen de fissures, savoir :

$$\left.\begin{array}{l} 1^{er} \text{ cas, de } 24{,}000 \\ 2^{e} \text{ cas, de } 9{,}600 \end{array}\right\} \text{ mètres.}$$

Or, la mer de glace ayant au-dessus du Montanvers une largeur d'un kilomètre et une longueur de

80, il nous semble qu'il pourrait fort bien exister au fond de cette mer des orifices des dimensions dont il s'agit.

Et s'il y avait plusieurs cheminées communiquant du lac souterrain à différents glaciers, l'objection qui consiste en ce qu'on ne peut guère admettre sous les glaciers des orifices d'une aussi grande étendue serait encore de moins de valeur.

On insistera peut-être, et l'on dira que de pareils orifices, augmentés encore de ceux qui rempliraient la fonction de l'étranguillon (*V.* la note précédente), auraient certainement été vus. C'est une question que nous laissons à décider aux personnes qui connaissent bien les glaciers. Mais nous croyons qu'ils n'ont pas été examinés dans toutes leurs parties, et notamment au fond de leurs crevasses, avec assez de détail pour qu'on puisse dire que des orifices comme ceux dont les dimensions viennent d'être indiquées ne sont pas admissibles.

## NOTE 20.

### Sur une objection relative à la capacité attribuée à la voûte souterraine dans la note précédente.

Il est bien évident que les calculs présentés dans la note précédente ne sont qu'un exemple où les données sont fort arbitraires; cependant il faut qu'elles ne répugnent pas trop au sentiment qu'on doit avoir des choses. On peut nous adresser à cet égard un premier reproche que nous allons examiner.

C'est que le chiffre 2 de la valeur donnée plus haut à *m* est petit, et qu'il devait l'être dans nos vues, mais qu'il n'est guère proposable. En effet, dira-t-on, ce chiffre suppose que la voûte du lac souterrain ne serait au-dessus de l'eau, dans l'état ordinaire des choses, savoir :

1er cas, que de 20 mètres,
2e cas, que de 4 mètres;

c'est-à-dire que la calotte du lac souterrain serait une surface d'une faible courbure et à peu près horizontale. Ainsi, il faudrait suivant la note 15 que, dans les soulèvements de la croûte solide du globe, il se fût formé un vide dont l'étendue équivaudrait,

Dans le 1er cas, à 1000m sur 18,000,
Dans le 2e cas, à 1000m sur 90,000,

et dont la surface supérieure fût à peu près un plan horizontal, circonstance assurément fort singulière et peu susceptible d'être admise.

Nous répondrons à ces raisonnements, premièrement, que cette circonstance, parce qu'elle est singulière et peu supposable, n'est pas, pour cela, absolument impossible; secondement, que rien ne nous forçait à prendre *m* égal à 2, bien que cette supposition convînt pour obtenir des fissures d'un faible développement; troisièmement, que si nous l'avions fait égal à 10, nous aurions eu la calotte du lac à une hauteur moyenne au-dessus des eaux,

Dans le 1er cas, de 100 mètres.
Dans le 2e cas, de 20 »

ce qui, avec les mêmes calculs, nous aurait donné pour la longueur développée des fissures, en les supposant toujours de 5 mètres de largeur, savoir :

Dans le 1er cas, 36,000 mètres.
Dans le 2e cas, 9,600 »

Or, il nous semble que la mer de glace est assez profonde, assez grande et assez large pour qu'il puisse exister à sa partie inférieure des fissures de ces dimensions, et même de dimensions beaucoup plus fortes, sans qu'il y ait lieu d'être surpris de ce que leur existence n'aurait pas été remarquée.

## NOTE 21.

### Sur une autre objection qui peut être faite contre les résultats de la note 19.

Après avoir calculé les dimensions des fissures pour la vitesse moyenne de l'air entraîné, nous avons supposé qu'il ne s'agissait que de les doubler pour avoir celles qui correspondent au cas où cette vitesse est à son maximum; on peut nous dire que c'est estimer bien bas le rapport du maximum et de la moyenne.

Nous répondrons à cette objection que c'est à chacun à prendre, selon son sentiment, les chiffres que

nous nous sommes donnés. Il nous a semblé que ceux que nous choisissions n'avaient rien qui répugnât. En les augmentant, on sera conduit à des résultats plus forts ; mais nous croyons que si on se tient dans des limites raisonnables, les chiffres calculés pour le développements des fissures et pour les vitesses de l'air n'excéderont pas ceux que peuvent admettre les personnes qui connaissent bien la mer de glace et les autres glaciers des Alpes.

## NOTE 22.

**Sur la durée des oscillations du lac de Genève, dans les seiches, d'après la note 19.**

Les calculs de la note 19 nous ont amené à une nouvelle idée favorable à l'explication de la longue durée que paraissent avoir les oscillations du Léman dans les grandes seiches (*V.* le § 7).

Supposons que la calotte du lac souterrain soit, en moyenne, à 20 mètres au-dessus du niveau ordinaire de l'eau, et concevons que la cheminée débouche dans la calotte à peu près à ce niveau (*q*). Il est évident qu'il restera toujours une quantité d'air

(*q*) On peut imaginer, par exemple, pour fixer les idées, que l'orifice de la cheminée soit un rectangle dont deux côtés très-allongés soient horizontaux et les deux autres verticaux, le côté horizontal le plus élevé étant à la hauteur des eaux du Léman.

égale à $mV$ sous cette calotte, et que l'eau en montant comprimera l'air retenu au-dessus du lac souterrain. Or, après qu'il aura été comprimé, il réagira; d'où l'on voit qu'il y aura deux causes d'oscillation: l'une, que nous avions remarquée tout d'abord, qui tient à ce que les eaux du lac souterrain et du Léman ne se mettront pas en équilibre tout de suite; et l'autre qui résulte de ce que l'air comprimé et l'eau du lac souterrain sont plus loin encore de pouvoir se mettre en équilibre promptement. De cette complication des causes du mouvement, et surtout de l'action élastique de l'air, résultera donc tout naturellement la nécessité d'un temps très-long pour l'entier accomplissement du phénomène.

## NOTE 23.

### Sur la vitesse de l'air introduit dans le lac souterrain.

Nous venons d'estimer à 30 mètres (*V.* la note 19) la vitesse moyenne de l'air entraîné dans le lac souterrain, et nous avons supposé que sa vitesse la plus grande était double de sa vitesse moyenne. D'après cela, il aurait dans le fond des glaciers, au moment d'une forte seiche, une vitesse de 60 mètres. Celle d'un assez grand vent étant d'environ 40, on conçoit que les gens qui visitent les glaciers n'auraient pas été bien surpris, au moment d'un des orages qui peuvent produire les grandes seiches,

d'entendre, dans des lieux où l'imagination est frappée de tant de choses singulières, les sifflements de l'air poussé avec la vitesse de 60 mètres au fond des crevasses des glaçons.

Il faut considérer d'ailleurs que, au lieu de longues fissures, il pourrait y avoir des centaines de petites ouvertures, et que la vitesse ne serait bien appréciable que pour un spectateur enfoncé dans le glacier ; placé juste auprès d'une de ces ouvertures, et cela au moment même d'une grande seiche, c'est-à-dire au moment où l'orage éclaterait sur la mer de glace. Or, il n'y a sûrement que très-peu de gens qui descendent profondément dans les fentes des glaciers ; ceux qui tentent de pareilles aventures sont la plupart uniquement mus par la curiosité, et lors même qu'ils feraient leur expédition dans l'intérêt de la science, ils seraient préoccupés de leur position, toujours un peu compromise, et n'auraient d'yeux probablement que pour des recherches spéciales. De plus, il faut considérer que les guides, au moment d'un orage, ne conduiraient personne dans des crevasses où l'on serait exposé au danger des éboulements ; d'où il faut conclure, suivant nous, qu'on est fondé à croire que les fissures, les grandes vitesses de l'air et les écoulements considérables d'eau, calculés dans les notes précédentes, peuvent très-bien exister au fond des glaciers, au moment d'une seiche, sans qu'aucun renseignement ait pu jusqu'à présent être recueilli sur cette matière.

## NOTE 24.

**Sur les cours d'eau qui existeraient continuellement dans les fissures, suivant notre théorie des seiches.**

Supposons que les sources de fond du Léman donnent les deux tiers du produit du Rhône à Genève. Ce produit dans les grandes crues étant au plus de 600 mètres (*V.* le § 21), les eaux provenant des lacs souterrains seraient de 400 mètres cubes par seconde. Et si leur vitesse était de 4 mètres à l'endroit où, au fond des glaciers, elles se jettent dans les fissures, il faudrait une section de 100 mètres carrés, ou cent sections de chacune un mètre pour leur écoulement. Or, il est très-concevable, d'après ce qui vient d'être dit dans la note précédente, que de telles sections d'eau coulante, au nombre de cent, disséminées sous les glaciers, ou même sous un seul glacier, n'aient aucun caractère assez remarquable pour que leur existence ait dû se dévoiler. Si les écoulements en question ont lieu, et si on les cherche, il sera peut-être même long et difficile de les découvrir.

## NOTE 25.

**D'une objection relative aux ladières, contre la théorie des seiches.**

Le phénomène des ladières, vu qu'il s'explique très-bien au moyen des sources de fond du Léman,

et vu qu'il paraît très-difficile de l'expliquer autrement, est un de ceux qui appuient le plus notre théorie des seiches.

Cependant, il a paru à quelques personnes que l'explication des ladières était toute simple. Il y a, nous a-t-on dit, à la surface du lac un courant dirigé vers Genève; ce courant entraîne vraisemblablement des eaux qui, sans lui, seraient stagnantes, et il en résulte qu'il arrive plus d'eau à l'O. du lac que le Valais n'en fournit; donc il doit y avoir inférieurement un contre-courant, une sorte de *remous*, par lequel l'excédant du produit entraîné sur le produit fourni par les affluents est ramené dans le lac. Et ce courant inférieur changeant de vitesse selon l'abondance des eaux, selon l'évaporation plus grande ou plus petite en raison des températures, vous avez les ladières.

Nous ne pouvons pas admettre cette explication. S'il y avait dans le Léman des obstacles au mouvement de l'eau, comme des rochers, des îles, et si ce mouvement était rapide, on concevrait l'existence de remous; mais ici on ne voit nullement pourquoi le courant principal entraînerait plus d'eau que le Rhône affluent n'en fournit.

D'un autre côté, il faut remarquer que les divers degrés d'abondance des eaux, et d'élévation de la température, expliqueraient bien l'affaiblissement des ladières en certains temps, mais qu'ils n'expliquent pas les divers changements de direction qui paraissent caractériser ce phénomène.

Enfin, nous ferons observer que pour produire des

courants bien sensibles, dirigés de l'ouest à l'est, et entraînant nécessairement une forte masse d'eau, il faut une grande puissance : or, d'où naîtrait-elle? En examinant bien cette question, on voit donc, non-seulement qu'elle est très-bien résolue par les sources du fond, mais encore qu'elle est d'une solution très-embarrassante sans ces sources.

D'après cela, nous pensons que, nonobstant l'objection qui nous a été faite, touchant la prétendue facilité d'expliquer les ladières, ce phénomène continue, par provision, d'être un motif grave à l'appui de notre théorie.

## NOTE 26.

**Sur diverses causes qui ont paru propres à expliquer le phénomène des seiches; conclusion des notes précédentes relativement à ce phénomène.**

On a pensé que les vents poussés dans la gorge de terrain où se trouve la Venoge, c'est-à-dire dans la direction de Morges à Evian, pouvaient produire une augmentation de pression sur la partie centrale du Léman, et faire affluer les eaux vers Villeneuve et vers Genève. On a pensé aussi que les différences de chaleur due à l'action solaire exercée, d'une part, sur le lac, d'autre part, sur les coteaux environnants, donnaient des différences de pression propres à expliquer les seiches.

Nous ne savons pas si on a examiné avec quelque détail l'application de ces deux causes au phéno-

mène; mais, si les choses se passent comme nous le supposons, d'après nos renseignements, l'une et l'autre a l'inconvénient d'être contraire à l'existence d'un exhaussement initial et général des eaux sur la surface entière du lac (*V.* le § 7). De plus, la première n'explique pas les seiches qui arrivent en été par les temps calmes; la seconde suppose implicitement que les seiches ont lieu à certaines heures, ce qui n'est pas, et ni l'une ni l'autre ne rend compte des ladières, ni de ces faits nombreux et singuliers qu'explique notre théorie (*V.* le § 10).

Parmi les objections qui nous ont été faites, ou que nous nous sommes faites, plusieurs, comme on vient de le voir dans ces notes, s'évanouissent entièrement, et quant aux autres, il nous semble qu'elles sont plutôt, dans notre explication, des difficultés que des empêchements.

L'existence des lacs souterrains, même dans un sol qui atteste que d'immenses bouleversements ont dû modifier sa constitution par des brisures de toutes sortes, n'est pas, nous le reconnaissons, une chose qu'on puisse admettre facilement. Les fentes ou fissures qui feraient communiquer les glaciers avec les lacs souterrains, en tant que ces fentes auraient ensemble, sur une largeur portée à 5 mètres, des longueurs de 9,600 à 36,000 mètres (*V.* la note 20), est également peu présumable par elle-même. L'horizontalité, ou la presque horizontalité de la calotte des lacs souterrains est aussi quelque chose qui nous répugne beaucoup. Mais peut-être suffit-il d'approfondir un peu plus la question,

pour que ces détails s'éclaircissent. Dans tous les cas, ils ne sont pas absolument inadmissibles, et en attendant que de nouvelles observations soient faites, on considérera probablement notre théorie comme un document scientifique à examiner.

Dans une matière encore si obscure, une idée qui explique beaucoup de faits a toujours l'avantage de faire avancer la science, et si nous ne sommes pas dans la véritable voie, nos recherches, probablement, aideront à la découvrir.

## NOTE 27.

### Sur l'utilité de l'examen de notre théorie des seiches.

Supposons que notre explication des seiches soit vraie; l'existence des lacs souterrains communiquant avec le lac de Genève devra être admise.

Supposons que ce dernier lac, transformé en réservoir, contienne un emmagasinement d'eau de $1^m.67$ de hauteur, ou d'un milliard de mètres cubes (*V.* le § 25);

Supposons que cet emmagasinement s'augmente d'un tiers pendant l'emploi, le volume d'eau disponible chaque année, dans le Léman, sera donc de 1330 millions de mètres.

Cela posé, admettons que dans la grande seiche du 3 août 1763 (*V.* le § 10) le volume d'eau soulevé ait été, suivant nos évaluations, de 180 millions de mètres, et que la pression de l'air sur les lacs sou-

terrains se soit trouvée augmentée de deux mètres, ou d'un cinquième environ d'atmosphère, la surface des lacs souterrains sera de 90 millions de mètres, ou d'environ un septième de celle du Léman. D'où l'on voit que l'emmagasinement d'eau correspondant à ces lacs, selon notre hypothèse, serait de 190 millions de mètres, et le volume total de l'eau fournie par la réserve en un an de 1520 millions.

Or, si l'on créait des réservoirs propres à fournir un volume d'eau de 190 millions de mètres cubes par an, leur établissement coûterait, à $0^{fr}.01$ seulement par mètre (*V.* la note 7), 38 millions de francs. Si donc ce volume d'eau était d'une grande utilité pour le Rhône, les lacs souterrains donneraient l'avantage de le procurer en économisant une somme énorme; et s'il n'était pas essentiel à la navigation, ils permettraient d'abaisser le niveau supérieur de la réserve au profit du Valais et du pays de Vaud, de $0^{m}.317$ (*r*) sans que la capacité de cette réserve fût au-dessous du milliard de mètres sur lequel nos raisonnements sont établis.

Il était bon, d'après cela, que notre théorie des seiches fût approfondie autant que possible.

Cette considération nous a déterminé à présenter à l'Académie des sciences, sous la forme d'un mémoire, le chapitre II de ce livre. Elle l'a reçu dans sa séance du 12 décembre dernier, et il a été renvoyé à l'examen d'une commission. Nous nous sommes proposé

---

(*r*) Ce chiffre multiplié par la superficie du lac donne le produit de 190 millions.

ensuite de faire un envoi supplémentaire des notes précédentes, depuis la douzième; mais comme nous étions dans la nécessité de presser beaucoup notre publication, nous n'avons pas fait ce second envoi.

L'usage empêchant qu'il soit fait des rapports à ne l'Académie sur des ouvrages imprimés, nous aurons à regretter que l'opinion des hommes compétents ne soit pas venue en aide à nos lecteurs pour qu'ils jugent, sans prévention favorable ou défavorable, la théorie des seiches. Nous avons fait au surplus tout ce qui dépendait de nous pour faciliter, par ces notes, l'examen de cette théorie, examen que nous cherchons à provoquer dans l'intérêt du Rhône.

FIN.

# TABLE DES MATIÈRES.

## CHAPITRE Ier.

*Considérations générales relatives au bassin du Rhône et au Rhône.*

Pages

§ 1. Sur la configuration du bassin du Rhône, sur le déboisement et sur les endiguements dans ce bassin. . . 1

§ 2. Du lac de Genève ; de son action sur les divers états des eaux du Rhône, et des lacs du Bourget et d'Annecy. 6

§ 3. Du Rhône entre le lac de Genève et Seyssel. . . . . 11

§ 4. Du Rhône entre Seyssel et la mer. . . . . 14

§ 5. Des pentes du Rhône, et des variations que ces pentes éprouvent. . . . . 18

§ 6. Sur les travaux faits et à faire dans le bassin du Rhône, en ce qui concerne la navigation fluviale, et sur le chemin de fer de Châlons à Avignon. . . . . 23

## CHAPITRE II.

*Des seiches, et de divers phenomènes qui sont observés sur le lac de Genève ou non loin de ce lac, et qui intéressent l'avenir de la navigation du Rhône.*

§ 7. Des seiches du lac de Genève. . . . . 31

§ 8. Des explications anciennes du phénomène des seiches, et d'une explication que nous présentons. . . . . 35

§ 9. Des *ladières* ou courants observés sur le lac de Genève, et des variations de température de ce lac. . . . . 39

Pages

§ 10. Des seiches en général, et des différents faits qui militent en faveur de notre explication. . . . . 45

§ 11. Sur l'existence des lacs souterrains communiquant avec le lac de Genève, et sur diverses questions relatives à ces lacs. . . . . 49

§ 12. Sur les opérations et observations à faire pour connaître bien les phénomènes dont il vient d'être parlé. 55

## CHAPITRE III.

### *Des divers moyens d'améliorer le Rhône.*

§ 13. De l'alimentation du Rhône en basses eaux, au moyen du lac de Genève. . . . . 59

§ 14. Du défaut de profondeur du Rhône en basses eaux, et des moyens de remédier à ce défaut sans recourir au réservoir du lac de Genève. . . . . 61

§ 15. De l'emploi des draguages. . . . . 62

§ 16. De la création d'un lit mineur bien navigable, considérée sous le rapport de la dépense et sous celui de la durée de l'exécution des travaux. . . . . 65

§ 17. De quelques autres difficultés à considérer dans la création d'un lit mineur pour le Rhône. . . . . 69

§ 18. Sur les bons résultats qu'on doit obtenir par la création du réservoir du lac de Genève. . . . . 73

## CHAPITRE IV.

### *Sur les données à employer dans les calculs suivants.*

§ 19. Des limnimètres du lac de Genève, et des plus basses et plus hautes eaux de ce lac. . . . . 76

§ 20. Des nivellements du Rhône entre le lac de Genève et l'Arve. . . . . 80

§ 21. Des jaugeages du Rhône à Genève. . . . . 82

§ 22. Des jaugeages du Rhône à Chancy et sur le territoire français. . . . . 89

§ 23. Des jaugeages des divers affluents du Rhône. . . . . 91

§ 24. Du choix des chiffres à adopter provisoirement pour les jaugeages du Rhône. . . . . 94

## CHAPITRE V.

### *Du projet à exécuter à Genève pour créer une réserve d'eau dans le lac.*

Pages

§ 25. Du volume d'eau que nous supposerons emmagasiné dans le réservoir. . . . . 101
§ 26. De l'écoulement des eaux à Genève, quand on usera de la réserve. . . . . 106
§ 27. De l'écoulement des grandes eaux à Genève après l'exécution des travaux. . . . . 114
§ 28. Du barrage de Genève, et des travaux accessoires de ce barrage. . . . . 118
§ 29. Évaluation du prix des travaux. . . . . 122
§ 30. Sur les modifications du projet, dans le cas où le produit du Rhône, à Lyon, serait porté de 260 à 660 mètres, c'est-à-dire augmenté de vingt treizièmes. . . 123

## CHAPITRE VI.

### *Des travaux à exécuter du lac de Genève à Seyssel, pour joindre les navigations du Léman et du Rhône.*

§ 31. Des projets dressés pour établir une navigation du lac de Genève à Seyssel, et notamment des projets de M. O'Brien. . . . . 127
§ 32. Du projet de Malpertuis, amélioré par la création du réservoir du lac de Genève. . . . . 132
§ 33. Réponse aux objections qui peuvent être faites contre l'ouvrage de Malpertuis, projeté dans les conditions de basses eaux et de hautes eaux qui viennent d'être indiquées. . . . . 138
§ 34. Des travaux à faire pour naviguer de l'amont à l'aval de Genève. . . . . 145
§ 35. Des dépenses à faire du lac de Genève à Seyssel. . . . 146
§ 36. Conclusion de ce chapitre ; d'un chemin de fer de Seyssel à Genève. . . . . 147

## CHAPITRE VII.

*Des avantages français dans la question des travaux de Genève et de Malpertuis.*

Pages

§ 37. Du nouveau régime du lac de Genève, comme base d'où doivent dériver toutes les améliorations. . . . 150

§ 38. De la stabilité du lit mineur naturel du Rhône, augmentée par l'emploi de la réserve. . . . . 154

§ 39. De quelques autres avantages résultant de l'emploi de la réserve. . . . . 157

§ 40. Calculs relatifs à l'augmentation de profondeur d'eau du Rhône produite par l'emploi de la réserve. . . 161

§ 41. De l'avantage de pouvoir retenir des eaux à Genève, sous le rapport des inondations du Rhône et sous plusieurs autres rapports. . . . . 170

§ 42. Avantages commerciaux et politiques. . . . . 178

## CHAPITRE VIII.

*Des avantages de la Suisse et de la Savoie dans la question des travaux de Genève et de Malpertuis, et de la répartition des dépenses entre les États intéressés.*

§ 43. Avantages du Valais et du pays de Vaud. . . . . 184

§ 44. Avantages de Genève, quant aux hautes eaux et quant à la navigation. . . . . 189

§ 45. Avantages de Genève, quant à la force motrice du Rhône, quant aux embellissements de la ville et quant à son commerce. . . . . 194

§ 46. Avantages de la Suisse. . . . . 197

§ 47. Avantages de la Savoie. . . . . 200

§ 48. De la répartition des dépenses entre les États intéressés, et du traité à faire. . . . . 204

## CHAPITRE IX.

*Sur les projets à rédiger pour les travaux de Genève et pour ceux du lac à Seyssel.*

§ 49. Données générales à recueillir. . . . . 211

Pages
§ 50. Sur l'étude relative au barrage du lac. . . . . 213
§ 51. Sur l'étude relative au canal des fortifications et à la jetée à exécuter à Genève, au nord du lac. . . . . 214
§ 52. Sur l'étude relative au projet de Malpertuis. . . . . 216
§ 53. Sur l'étude relative au Rhône, du lac de Genève à 218
Seyssel. . . . . 218
§ 54. Conférences avec le génie ; négociations diplomatiques. 219

## CHAPITRE X.

*Sur le service de la navigation dans le bassin du Rhône; conclusion de cet écrit.*

§ 55. Des divers services créés et à créer dans le bassin du Rhône. . . . . 221
§ 56. Du service à créer pour le barrage du lac de Genève. . 223
§ 57. Du service à créer pour les études scientifiques, et des travaux à faire pour le saut du Rhône, comme objet propre à justifier ces études. . . . . 224
§ 58. Du service spécial du Rhône. . . . . 229
§ 59. Mesures à prendre pour marcher vers la perfection de la navigation du Rhône. . . . . 233
§ 60. Conclusion de cet écrit. . . . . 236

## NOTES.

Note 1. Sur un aperçu de calcul relatif aux endiguements. 247
Note 2. Sur les déboisements et les défrichements. . . . . 248
Note 3. Des travaux à faire par l'État pour prévenir le mal des inondations. . . . . 251
Note 4. Sur la création des grands réservoirs. . . . . 252
Note 5. Sur les réservoirs à créer pour l'Yonne et pour la Seine. . . . . 254
Note 6. Sur les réservoirs approuvés pour l'arrosage et pour la navigation dans le haut du bassin de la Garonne. . . . . 255
Note 7. Sur la comparaison du prix de revient du mètre cube d'eau approvisionné dans divers réservoirs exécutés ou projetés, ou approvisionné dans le lac de Genève. . . . . 256

Pages

NOTE 8. Sur les diverses manières d'employer l'eau de la réserve de Genève. . . . . 259

NOTE 9. Sur les tarifs des voies de communication. . . . . 262

NOTE 10. Sur la comparaison d'un canal et d'un chemin de fer ; on ne doit plus, en France, créer de nouvelles lignes de navigation sans examiner soigneusement si un chemin de fer n'est pas préférable à ces lignes. . . . . 266

NOTE 11. Sur la comparaison de l'utilité du projet du réservoir de Genève avec celle des divers travaux de navigation qui s'exécutent ou qui sont projetés en France. . . . . 270

NOTE 12. Sur les soufflets de forge appelés *trompes*, comme exemple de la machine qui fonctionne, suivant nous, dans l'accomplissement d'une seiche. . . 272

NOTE 13. Sur les seiches de la Méditerranée, considérées comme une objection contre notre théorie. . . 274

NOTE 14. Sur la limpidité des eaux du Léman, considérée comme une objection contre nos idées sur les seiches. . . . . 275

NOTE 15. Sur la grandeur des lacs souterrains admis dans notre théorie des seiches. . . . . 276

NOTE 16. Sur les conduites d'eau qui devraient exister entre le Léman et les lacs souterrains, d'après notre théorie des seiches. . . . . 278

NOTE 17. Sur la force motrice nécessaire pour soulever les eaux du Léman, dans notre théorie des seiches. 279

NOTE 18. Sur les dimensions de la section des fissures à l'endroit où, suivant notre théorie des seiches, cette section remplirait la fonction de l'étranguillon des trompes (*V.* la note 12). . . . . 281

NOTE 19. Sur les dimensions des fissures qui, dans notre théorie des seiches, rempliraient la fonction des aspirateurs des trompes (*V.* la note 12). . . . . 282

NOTE 20. Sur une objection relative à la capacité attribuée à la voûte souterraine dans la note précédente. 286

NOTE 21. Sur une autre objection qui peut être faite contre les calculs de la note 19. . . . . 288

NOTE 22. Sur la durée des oscillations du lac de Genève, dans les seiches, d'après la note 19. . . . . 289

Pages

NOTE 23. Sur la vitesse de l'air introduit dans le lac souterrain pendant une seiche. . . . . 290

NOTE 24. Sur les cours d'eau qui existeraient continuellement dans les fissures, suivant notre théorie des seiches. . . . . 292

NOTE 25. D'une objection relative aux ladières, contre la théorie des seiches. . . . . *ibid.*

NOTE 26. Sur diverses causes qui ont paru propres à expliquer le phénomène des seiches ; conclusion des notes précédentes relativement à ce phénomène. 294

NOTE 27. Sur l'utilité de l'examen de notre théorie des seiches. . . . . 296

---

## ERRATA.

Page 161, titre du paragraphe, hauteur d'eau, *lisez* profondeur d'eau du Rhône.
189, ligne 5, en remontant, 0.154, *lisez* 0.157.
*id.*, *id.*, *id.*, 2.867, *lisez* 2.864.
190, ligne 3, *id.*, 0.320, *lisez* 0.317.
*id.*, ligne 10, *id.*, 0.320, *lisez* 0.317.
225, ligne 7, travaux, *lisez* projets.
226, ligne 6, en remontant, fleuve, *lisez* fleuve à l'aval.

## *RENSEIGNEMENTS*

### SUR DEUX DES FIGURES DE LA PLANCHE CI-CONTRE.

---

*Fig.* 1.

La différence de hauteur des hautes et des basses eaux du Rhône à Malpertuis est d'environ 7 mètres.

*Fig.* 5.

D'après le texte on a :

| | | | |
|---|---|---|---|
| M'A = 0.815 m. | *l*K = 5.422 m. | E'E'' = 2.200 m. | *h*J = 5.165 m. |
| *m*A = 2.063 | *k*K = 2.734 | *h*B = 2.864 | *h*H = 5.815 |
| AA' = 0.360 | *d*D = 2.472 | *hx* = 3.000 | BH = 2.951 |
| *c*C = 2.431 | *d*E = 2.772 | *h*F = 3.021 | BI = 0.474 |
| *c*C' = 2.873 | *d*D' = 2.914 | *h*I = 3.338 | BF = 0.157 |
| *lz* = 2.174 | *d*E' = 3.214 | *h*F' = 3.615 | GH = 1.124 |
| *lk* = 2.688 | DE = 0.300 | *h*P' = 4.218 | FF' = 0.594 |
| *l*O' = 3.969 | EE'' = 1.240 | *h*G = 4.691 | JH = 0.650 |

Le point O' n'appartient pas au nivellement du 19 septembre 1840 (*V.* le § 20), mais il se trouve rapporté à ce nivellement par le calcul de la page 111.

La longueur de la jetée ΠΔΩ, de Genève à la sortie du banc de travers, est d'environ 2,000 mètres.

On n'a indiqué ni les travaux de redressement et d'élargissement du Rhône, depuis l'île jusqu'à l'Arve, ni la promenade à faire au moyen des remblais provenant de l'élargissement et de l'approfondissement du fleuve.

Le fond du lit après le draguage n'est pas non plus indiqué; on le suppose de 4 mètres au-dessous de la ligne ACD.

---

PARIS. — IMPRIMERIE DE FAIN ET THUNOT,
IMPRIMEURS DE L'UNIVERSITÉ ROYALE DE FRANCE,
Rue Racine, n° 28, près de l'Odéon.

RAL BOOKBINDING CO.
2 1 Back
264AA 013 A pocket 6006

THE UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARIES 1817